

## ESTÁTICA

En esta unidad analizaremos el equilibrio de un cuerpo grande, que no puede considerarse como una partícula. Además, vamos a considerar dicho cuerpo como un **cuerpo rígido**, es decir que no sufre deformaciones bajo la acción de fuerzas externas.

### Centro de gravedad de un cuerpo (CG)

El Centro de Gravedad (CG) de un cuerpo es el punto donde se considera aplicado el peso.

Para cuerpos homogéneos y de forma geométrica definida se encuentra en el centro de simetría del cuerpo. Así para cuerpos de forma circular, esférica, etc., se encontrará en el centro geométrico del cuerpo.

El centro de gravedad de un objeto hecho de distintos materiales (es decir cuya densidad varía) puede estar muy lejos de su centro geométrico, por ejemplo una esfera hueca y llena de plomo hasta la mitad, en este caso el CG no coincidirá con su centro geométrico sino que estará en algún lugar de la parte con plomo.

Los cuerpos rígidos con bases amplias y centros de gravedad bajos son, por consiguiente, más estables y menos propensos a voltearse. Esta relación es evidente en el diseño de los automóviles de carrera de alta velocidad, que tienen neumáticos anchos y centros de gravedad cercanos al suelo. También la posición del centro de gravedad del cuerpo humano tiene efectos sobre ciertas capacidades físicas. Por ejemplo, las mujeres suelen doblarse y tocar los dedos de sus pies o el suelo con las palmas de sus manos, con más facilidad que los varones, quienes con frecuencia se caen al tratar de hacerlo; en general, los varones tienen centros de gravedad más altos (hombros más anchos) que las mujeres (pelvis grande), de modo que es más fácil que el centro de gravedad de un varón quede fuera de su base de apoyo cuando se flexiona hacia el frente.

### Fuerzas no concurrentes

En la guía de dinámica nos hemos referido a las fuerzas que actúan en un solo punto. Sin embargo, hay muchos casos en los cuales las fuerzas que actúan en un objeto no tienen un punto común de aplicación. Tales fuerzas se denominan *no concurrentes*.

## Línea de acción de una fuerza

Se define como una línea imaginaria extendida indefinidamente a lo largo del vector fuerza. Cuando las líneas de acción de las fuerzas no se interceptan en un mismo punto, puede producirse rotación respecto a un punto o eje.

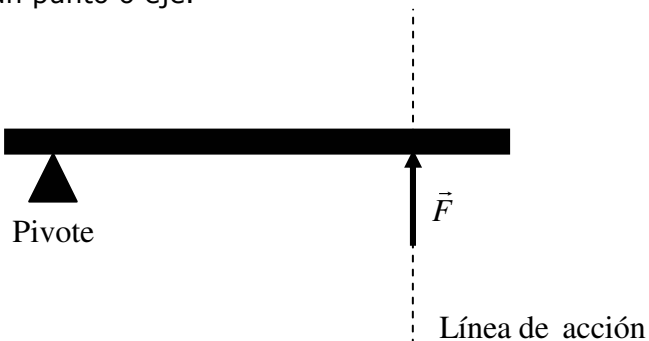


Fig. 1

**Nota:** el pivote es un punto de apoyo, el cual permite que un cuerpo rígido pueda girar.

## Brazo de palanca (b)

La distancia perpendicular del eje de rotación a la línea de acción de una fuerza recibe el nombre de **brazo de palanca de esa fuerza**. Este factor determina la eficacia de una fuerza dada para causar movimiento de rotación.

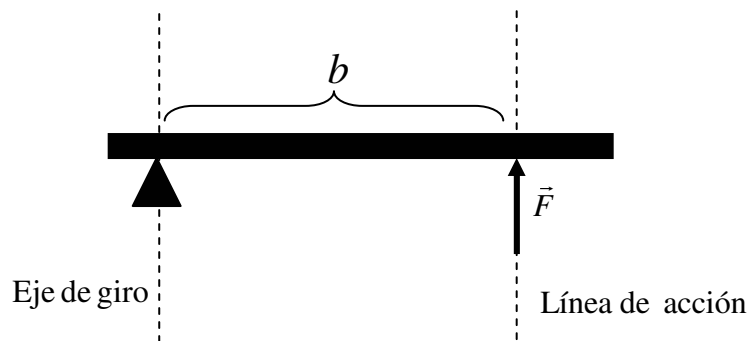


Fig. 2

## Momento de fuerza (torque)

El *momento de una fuerza o momento de torsión* ( $\vec{\tau}$ ) se puede definir como la tendencia a producir un cambio en el movimiento de rotación. Como ya vimos, tanto la magnitud de una fuerza,  $|\vec{F}|$ , como su brazo de palanca,  $b$ , determinan el movimiento de rotación. De esta manera, podemos definir el momento de una fuerza como sigue:

$$\text{Momento de Fuerza} = \text{BRAZO DE PALANCA} \times \text{FUERZA}$$

La magnitud del torque realizado por una fuerza que es perpendicular al brazo es la siguiente.

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}_\perp| \cdot b$$

Las unidades del momento de torsión son unidades de fuerza por longitud, por ejemplo, *Newton · metros* ( $\text{N} \cdot \text{m}$ ).

### Convención de signos para el momento de una fuerza (torque)

Si el cuerpo tiende a girar contrario al movimiento de las manecillas de un reloj el momento de una fuerza será positivo, y al girar en el mismo sentido el momento será negativo. En el caso de que la línea de acción pase por el eje de giro, el torque realizado por esa fuerza será nulo.

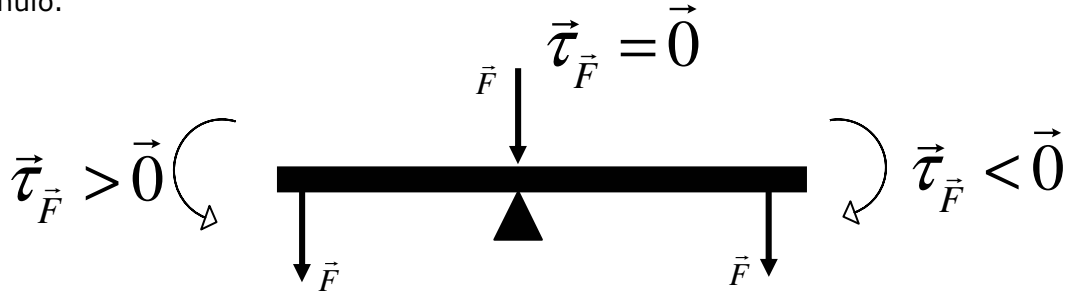


Fig. 3

### Condiciones para el equilibrio

Si todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo tienen un sólo punto de intersección existe **equilibrio traslacional** cuando:

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0} \quad \sum \vec{F}_y = \vec{0}$$

Para que exista **equilibrio rotacional** se debe cumplir:

$$\sum \vec{\tau} = \vec{0}$$

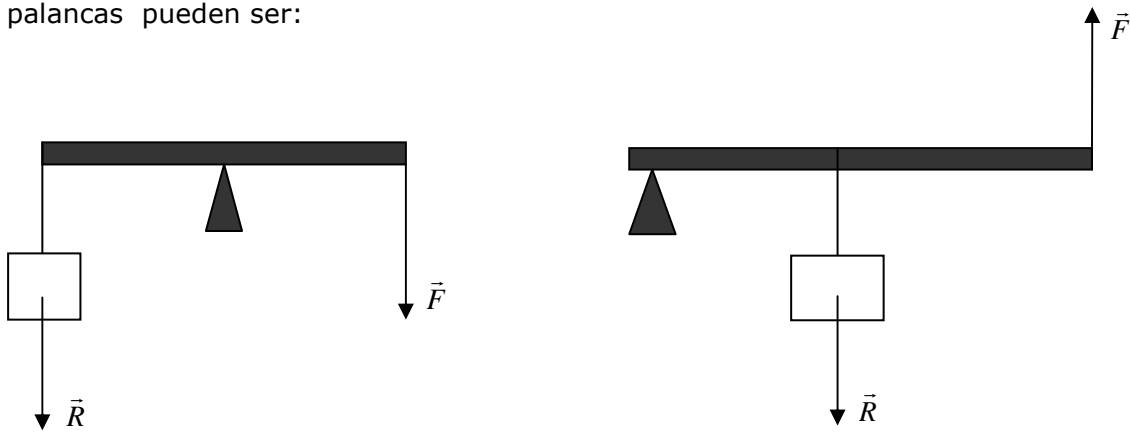
**Nota:** al analizar el equilibrio rotacional de un cuerpo rígido, es importante tener en cuenta su peso, ya que si éste no es despreciable, podría existir un torque más en el análisis del problema.

### Ejemplo:

1. Cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es igual a cero entonces el cuerpo posiblemente
  - A) está en reposo.
  - B) se mueve con velocidad constante.
  - C) está en equilibrio traslacional.
  - D) Todas las anteriores.
  - E) Ninguna de las anteriores.

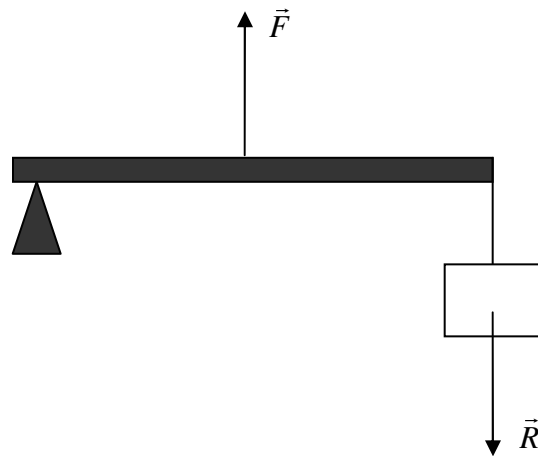
## PALANCAS

Es una barra rígida sometida a dos esfuerzos y apoyada en un punto. Las fuerzas que soporta son: Fuerza aplicada ( $\vec{F}$ ) y resistencia ( $\vec{R}$ ). Según la posición del punto de apoyo las palancas pueden ser:



1º Clase

2ª Clase



3ª Clase

### Ejemplo:

2. La figura 4 muestra una viga de peso despreciable, que soporta tres fuerzas de módulo, 30N, 15N y 20N con los puntos de aplicación indicados. El torque resultante cuando está pivotado en A es

- A) 210 N·m
- B) 270 N·m
- C) 90 N·m
- D) -120 N·m
- E) 0 N·m

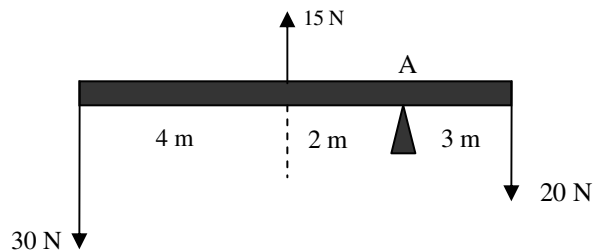


Fig. 4

## Equilibrio rotacional de una palanca

Tanto la resistencia " $\vec{R}$ " como la fuerza " $\vec{F}$ " constituyen una dupla de torques con respecto al punto de apoyo "O", en la siguiente palanca de primera clase. La condición para que haya equilibrio rotacional es que el torque neto sea nulo.

$$\sum \vec{\tau} = \vec{0}$$

es decir

$$R \cdot r - F \cdot b = 0 \Rightarrow R \cdot r = F \cdot b$$

donde  $\vec{F}$  = Fuerza  
 $\vec{R}$  = Resistencia  
b = brazo de la fuerza  
r = brazo de la Resistencia

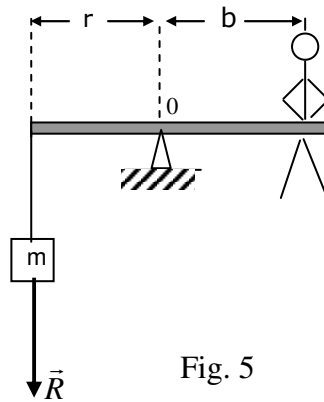


Fig. 5

## POLEAS

### i. Polea fija

Es una rueda acanalada que gira alrededor de un eje fijo que pasa por su centro y por ella pasa una cuerda.

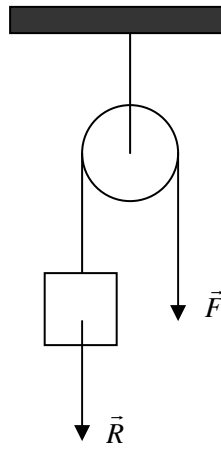


Fig. 6

Para sostener el peso  $\vec{R}$  se debe aplicar una fuerza  $\vec{F}$  y para que no gire la suma de los momentos debe ser cero, de lo cual se deduce que  $|\vec{F}| = |\vec{R}|$ .

## II. Polea móvil

La polea móvil se aprecia en la figura y para que este en equilibrio, la suma de los momentos producidos por la fuerza motriz y la resistencia debe ser cero.

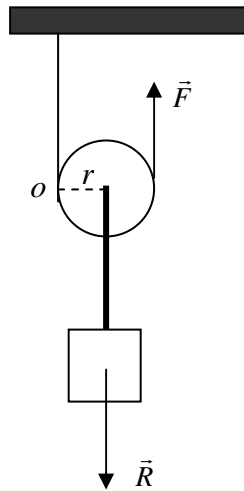


Fig. 7

Si analizamos el equilibrio de esta polea con respecto al punto "o" (punto donde se ubica el eje de giro de una polea móvil) tenemos lo siguiente:

$$2 \cdot r \cdot F - r \cdot R = 0$$

donde obtenemos  $|\vec{F}| = \frac{|\vec{R}|}{2}$

### Ejemplo

3. La figura 8 consiste en 2 poleas  $P_1$  y  $P_2$ , cuyos radios  $R_1$  y  $R_2$  están en la relación  $R_1 = 2 R_2$ . Si el peso del bloque es 10N en ausencia de roce y las masas de las poleas son despreciables, la magnitud de la fuerza  $\vec{F}$ , necesaria para mantener el equilibrio es

- A) 10 N
- B) 5 N
- C) 20 N
- D) 2,5 N
- E) 15 N

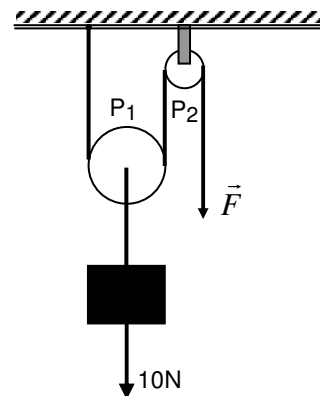


Fig. 8

## PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. Un cuerpo se encuentra en equilibrio rotacional si
  - A) la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es igual a cero.
  - B) la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo es diferente de cero.
  - C) la suma algebraica de los torques de las fuerzas con respecto a cualquier punto es igual a cero.
  - D) rota con rapidez variable.
  - E) Ninguna de las anteriores.
  
2. ¿Por qué es más fácil que un furgón utilitario se vuelque que un Corvette u otro automóvil deportivo? Lo anterior se debe a que
  - A) el auto avanza más rápido que el furgón.
  - B) el furgón es más pesado que el auto.
  - C) el centro de gravedad del furgón está más arriba que el del auto.
  - D) las ruedas del furgón son más grandes.
  - E) las ruedas del furgón son más anchas.
  
3. Un cuerpo está en equilibrio
  - I) traslacional si se encuentra en estado inercial.
  - II) rotacional, si el torque resultante sobre él es nulo.
  - III) traslacional si la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es nula.

De estas afirmaciones es (son) verdadera (s)

- A) Sólo I
  - B) Sólo I y II
  - C) Sólo I y III
  - D) Sólo II y III
  - E) I, II y III
- 
4. ¿Cuál de los siguientes dispositivos es un ejemplo de palanca de primera clase?
    - A) Caña de pescar.
    - B) Balancín.
    - C) Carretilla.
    - D) Cascanueces.
    - E) Ninguna de las anteriores.

5. La figura 9 muestra una palanca de peso despreciable, la cual está equilibrada cuando

- A)  $|\vec{F}_P| = |\vec{F}_R|$  si  $a = b$
- B)  $|\vec{F}_R| = 2 \cdot |\vec{F}_P|$  si  $a = b$
- C)  $|\vec{F}_P| = 2 \cdot |\vec{F}_R|$  si  $a = b$
- D)  $|\vec{F}_P| = |\vec{F}_R|$  si  $a = 2b$
- E)  $|\vec{F}_P| = 2 \cdot |\vec{F}_R|$  si  $a = 2b$

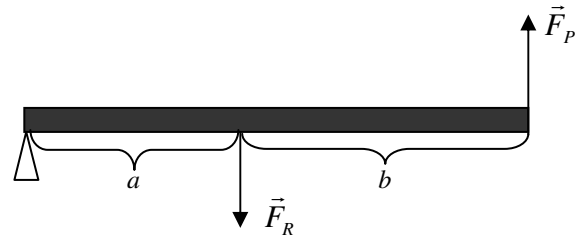


Fig. 9

6. La figura 10 muestra una regla en equilibrio de peso despreciable, en la cual actúan tres fuerzas de magnitud: 1N, 3N y F. ¿Cuál debe ser el valor de F para que el equilibrio sea posible?

- A) 1 N
- B) 2 N
- C) 2,5 N
- D) 3 N
- E) 5 N

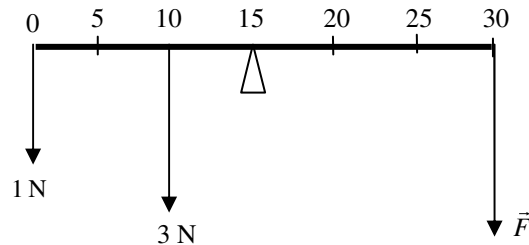


Fig. 10

7. Una correa de cuero se enrolla alrededor de una polea de 12 cm de diámetro. Una fuerza de intensidad 6 N se aplica a la correa tangencialmente. El módulo del torque que ejerce esta fuerza es

- A) 12 N·cm
- B) 72 N·cm
- C) 6 N·cm
- D) 36 N·cm
- E) 0 N·cm

8. En un balancín de juegos infantiles pivotado en el centro, posee un tablón simétrico en equilibrio. El papá y su hijita pequeña se ubican en sus extremos y el tablón en estas condiciones se desequilibra. Para lograr equilibrarse

- A) el papá deberá moverse hacia el centro.
- B) la niña deberá moverse hacia el centro.
- C) el papá y la niña deberán ubicarse más cerca del centro y a la misma distancia de él.
- D) el papá no deberá moverse, pero deberá agregar una masa equivalente a la de la niña.
- E) Ninguna de las anteriores.



9. Tres niños de 20 kg, 45 kg, 60 kg juegan en un balancín de 3,6 m de largo y pivotado en el centro. Si los niños más pesados se estacionan uno en cada extremo y despreciando el peso del balancín, para producir equilibrio, el niño más liviano deberá ubicarse respecto del centro

- A) 1,35 m  
 B) 1,4 m  
 C) 1,45 m  
 D) 1,6 m  
 E) 1,8 m

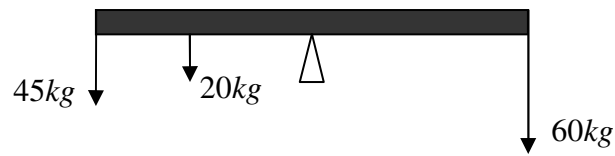


Fig. 11

10. Un tablón de 2 m de largo de masa despreciable, se ha fijado mediante bisagras a una pared. Si  $|\vec{g}| = 10 \text{ m/s}^2$ , ¿cuál debe ser la intensidad de la fuerza que debe ejercer un hombre en el otro extremo del tablón para mantenerlo en equilibrio (posición horizontal) si a 0,5 m de las bisagras se ha colocado un saco de 100 kg de masa?

- A) 100 N  
 B) 250 N  
 C) 350 N  
 D) 500 N  
 E) 1000 N

11. La figura 12 representa una balanza de peso despreciable, la cual está en equilibrio

- A) si  $|\vec{W}| < |\vec{F}_x|$  y  $a < b$   
 B) si  $|\vec{W}| > |\vec{F}_x|$  y  $a > b$   
 C) si  $|\vec{W}| < |\vec{F}_x|$  y  $a > b$

D) si se cumple que  $\frac{|\vec{F}_x|}{|\vec{W}|} = \frac{a}{b}$

E) si se cumple que  $|\vec{F}_x| \cdot a = |\vec{W}| \cdot b$

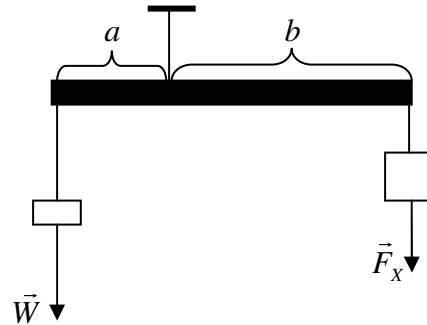


Fig. 12

12. Una fuerza origina un torque si:

- I) Su línea de acción pasa por el eje de rotación del cuerpo sobre el cual se aplica.
- II) Hace girar al cuerpo sobre el cual se aplica.
- III) Actúa de modo que su línea de acción pasa a cierta distancia del eje de rotación del cuerpo sobre el cual se aplica.

Es (son) verdadera (s)

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo II y III
- E) Sólo I y II

13. Un tablón homogéneo que pesa 320N tiene una longitud de 6m y está sostenido por 2 caballetes que dista cada uno 1m de los extremos. Un hombre de 800N camina sobre ellos. ¿Cuál es la distancia mínima "X" de un extremo que deberá llegar el hombre sin que se produzca vuelco?

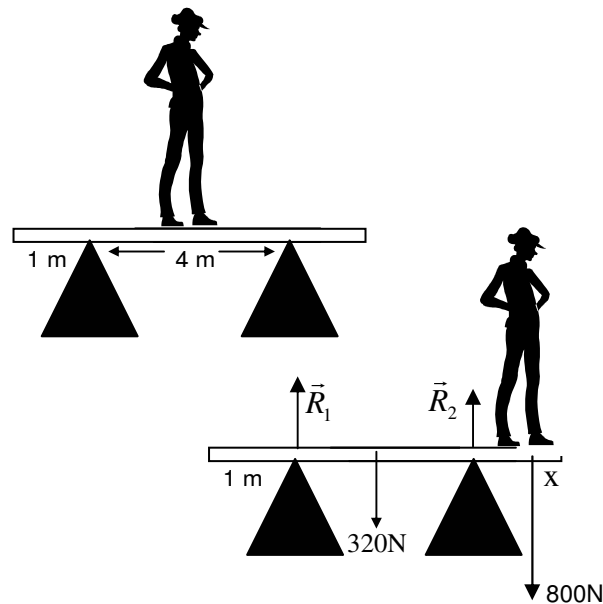


Fig. 13

- A) es la misma posición del caballete porque la acción de  $R_1$  es cero.
- B) solamente debe ubicarse entre los 2 caballetes.
- C) se puede parar exactamente en el extremo sin que nada ocurra.
- D) puede ubicarse a 0,2 m del extremo porque la acción de  $R_1$  es cero.
- E) como la acción de  $R_1$  es igual a la de  $R_2$ , entonces se puede ubicar a 0,1m del extremo.

14. El sistema mostrado en la figura 14 está en equilibrio. Los pesos de las poleas y de la palanca, así como la fuerzas de fricción son despreciables. ¿Cuál es el módulo de  $\vec{P}$  ?

- A) 80 N
- B) 40 N
- C) 20 N
- D) 10 N
- E) 5 N

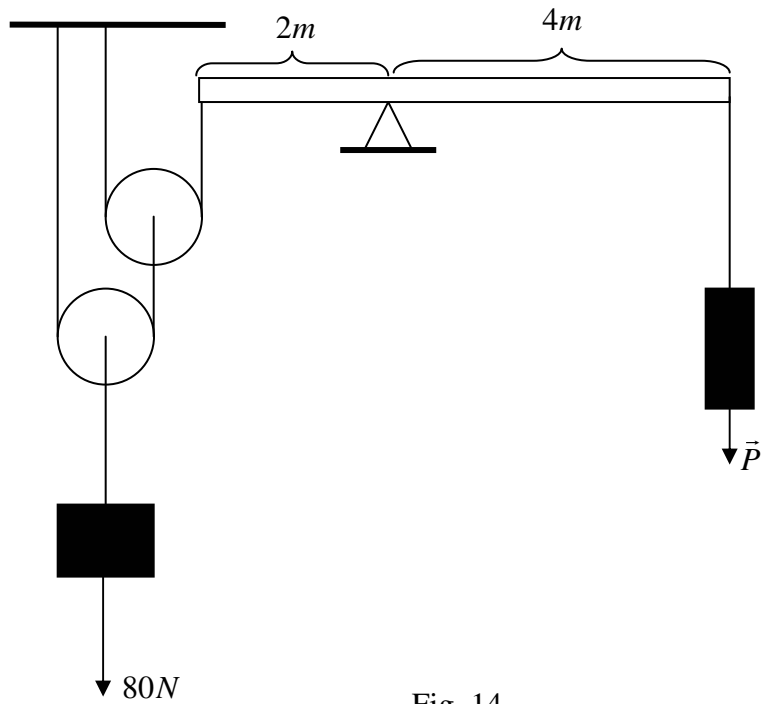


Fig. 14

15. Un tablón homogéneo está apoyado en posición horizontal por los soportes A y B (ver figura 15). Partiendo de A un niño camina sobre el tablón en dirección a B. Da 6 pasos iguales para llegar a B. Cuando está en A la reacción del soporte sobre el tablón es de 800 N y cuando llega a B la reacción del soporte A sobre el tablón es ahora de 200 N. ¿Cuántos pasos podrá dar el niño, más allá de B, sin que el tablón vuelque?

- A) Uno
- B) Dos
- C) Tres
- D) Cuatro
- E) Cinco

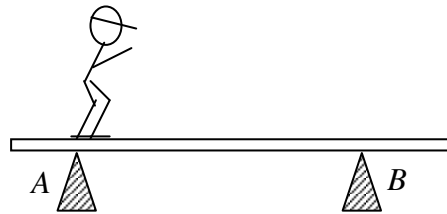


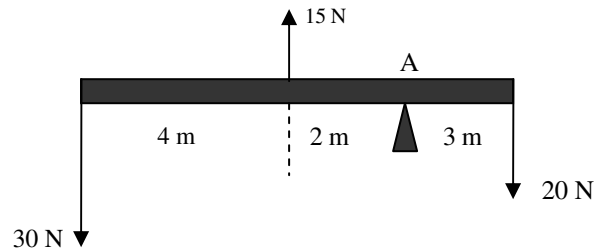
Fig. 15

## Solución ejemplo 1

Cuando la fuerza neta (total) que actúa sobre un cuerpo es nula, implica que el cuerpo se encuentra en estado inercial, por lo tanto, puede estar en reposo o con velocidad constante. Además implica un equilibrio traslacional del cuerpo.

**La alternativa correcta es D**

## Solución ejemplo 2



Para el cálculo de los torques debemos respetar la convención de signos.

$$\vec{\tau}_{30N} = 6 \cdot 30 = 180N \cdot m$$

$$\vec{\tau}_{15N} = -2 \cdot 15 = -30N \cdot m$$

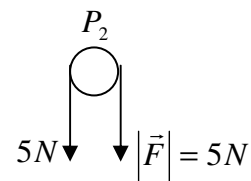
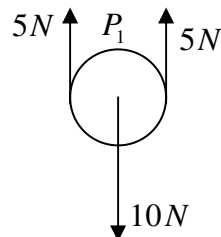
$$\vec{\tau}_{20N} = -3 \cdot 20 = -60N \cdot m$$

Por lo tanto, el torque neto es  $90N \cdot m$ , lo cual implica un giro en sentido antihorario.

**La alternativa correcta es C**

## Solución ejemplo 3

Para que el sistema esté equilibrado, cada una de las poleas debe encontrarse en equilibrio rotacional. El análisis es sencillo y se muestra a continuación



**La alternativa correcta es B**

**DSIFM09**

Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web.  
<http://clases.e-pedrovaldivia.cl/>