

Fuerzas

Definición

Es la parte de la mecánica física que se ocupa del equilibrio de los sistemas de fuerzas.

FUERZA

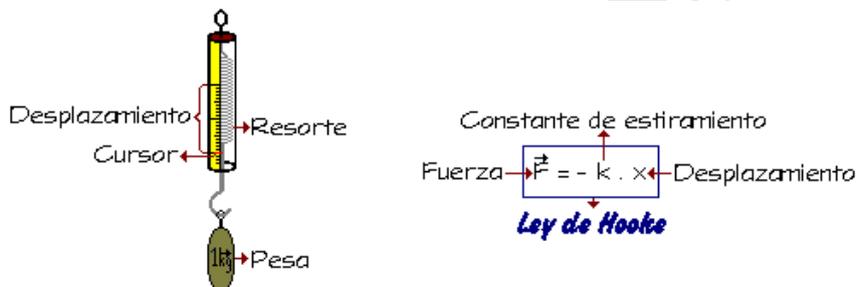
Es toda acción capaz de producir o modificar un movimiento. Es una magnitud vectorial.

Unidad de Fuerza

Es el Kilogramo Fuerza (Kg o Kgf): peso del kilogramo patrón depositado en la oficina internacional de medidas (Sevres - Francia), a nivel del mar y 45° latitud, construido en aleación de Platino-Iridio. En el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA), la unidad de fuerza es el Newton que equivale a 0.102 Kg.

Dinamómetros

Son instrumentos utilizados para la medición de fuerzas, basados en las propiedades elásticas de los cuerpos. Los cuerpos elásticos son aquellos que una vez que ha cesado la fuerza que los deformó, recuperan su forma primitiva. Estos cuerpos verifican la ley de Hooke que relaciona la fuerza de restitución con el estiramiento. Estos instrumentos se calibran con pesos conocidos.

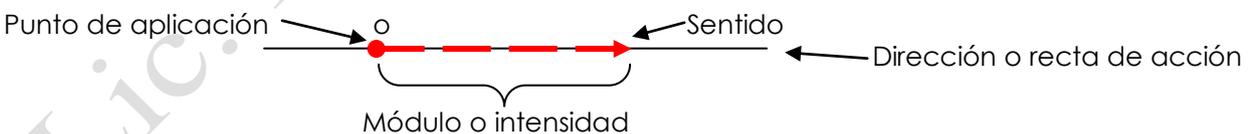


Si calculamos la constante de desplazamiento (k), podemos determinar la magnitud de la fuerza en función del desplazamiento (x). El signo negativa indica que la fuerza de restitución es contraria al desplazamiento del resorte.

Estos instrumentos permiten medir intensidades de fuerzas. Pueden ser de muelle, de varilla flexible, etc.

Representación gráfica de una fuerza

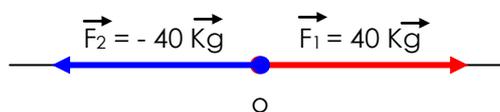
Las fuerzas se representan por medio de vectores. Un vector es un segmento orientado caracterizado por: punto de aplicación, dirección, sentido, módulo o intensidad.



Para representar una fuerza, primero hay que elegir la escala adecuada, en función del espacio disponible para representarla. Por ejemplo, en la representación de arriba se ha representado una fuerza de 40 Kgf tomando como escala 10 Kg = 1 cm.

Equilibrio de fuerzas

Dos fuerzas aplicadas a un mismo punto se equilibran cuando son de igual intensidad, misma dirección y sentidos contrarios.

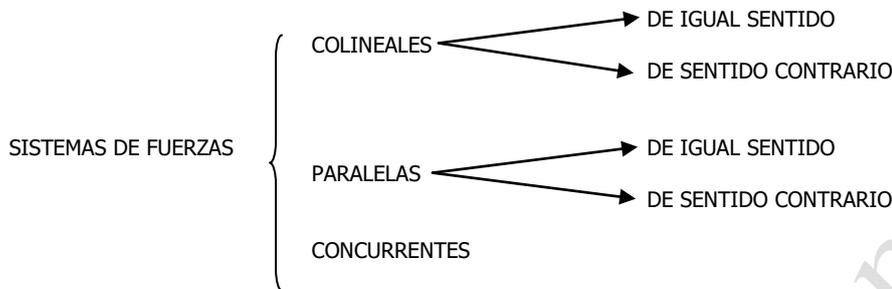


Cuerpo Rígido

Llamamos así a todo cuerpo que sometido a la acción de una fuerza, mantiene constante la distancia entre dos puntos cualesquiera de dicho cuerpo, es decir, que el cuerpo no se deforma. Toda fuerza trasladada sobre su recta de acción tiene el mismo efecto.

SISTEMAS DE FUERZAS

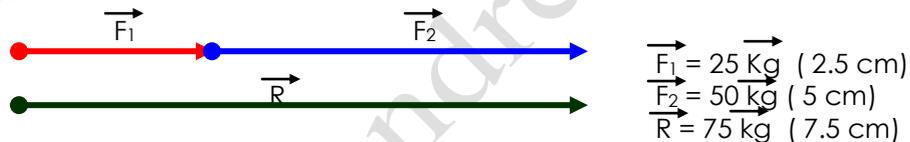
Un sistema de fuerzas es un conjunto de fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo. De acuerdo a la disposición de las fuerzas, podemos encontrar distintos tipos de sistemas:



Sistemas de Fuerzas Colineales

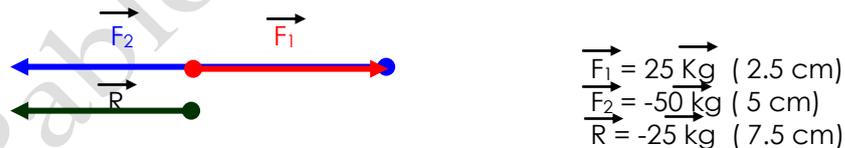
Son fuerzas colineales aquellas cuyas rectas de acción son las mismas. Estas pueden ser de igual sentido o de sentido opuesto.

De igual sentido:



Un ejemplo de este tipo de sistema es el caso de una persona empujando un carro que es tirado de adelante por otra persona.

De sentido contrario:



También puede interpretarse la resta de fuerzas colineales como la suma de dos fuerzas de sentido contrario.

Un ejemplo de este tipo de sistema es el caso de dos o más personas tirando de una misma soga pero en sentidos contrarios (cinchada).

Sistemas de Fuerzas Paralelas

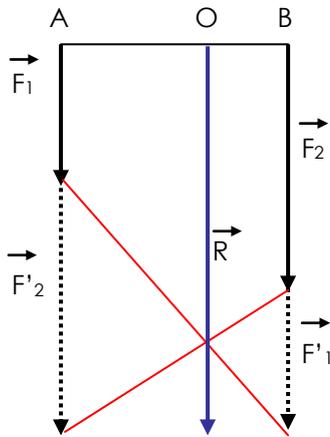
Se denominan así a aquellas fuerzas cuyas rectas de acción son paralelas entre sí. Pueden ser de igual o distinto sentido.

Fuerzas paralelas de igual sentido

La resultante de un sistema de dos fuerzas paralelas de igual sentido cumple con las siguientes condiciones:

- a) Es paralela y del mismo sentido que las componentes.
- b) Su intensidad es igual a la suma de las intensidades de las componentes.
- c) Su punto de aplicación divide al segmento que une los puntos de aplicación de ambas fuerzas en dos partes inversamente proporcionales a las intensidades de las fuerzas adyacentes (Relación de Stevin).

Método Gráfico: para obtener gráficamente la resultante de un sistema de fuerzas paralelas de igual sentido, se representa F_1 a continuación y sobre la recta de acción de F_2 (F'_1) y F_2 a continuación y sobre la recta de acción de F_1 (F'_2). La resultante del sistema pasará por el punto intersección de las rectas que unen el extremo de F'_1 con el punto aplicación de F'_2 y viceversa.



Relación de Stevin:

$$\frac{\vec{F}_1}{BO} = \frac{\vec{F}_2}{AO} = \frac{\vec{R}}{AB}$$

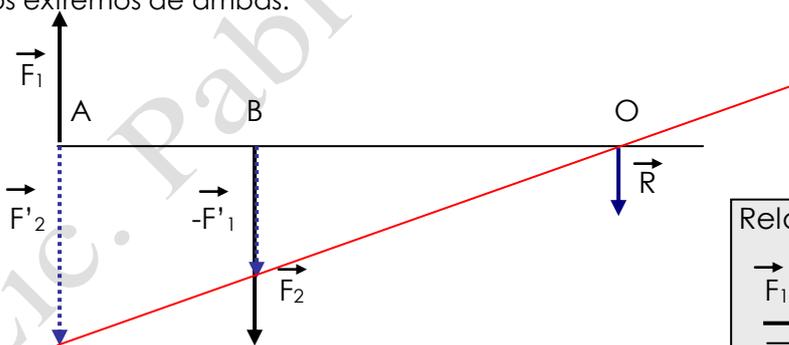
Un ejemplo de este tipo de sistema es el caso de dos caballos que arrastran una misma carreta.

Fuerzas paralelas de sentido contrario

La resultante de un sistema de dos fuerzas paralelas de sentido contrario cumple con las siguientes condiciones:

- a) Es paralela a ambas fuerzas y del mismo sentido de la mayor.
- b) Su intensidad es igual a la diferencia de las intensidades de las componentes.
- c) Su punto de aplicación es exterior al segmento que une los puntos de aplicación de ambas fuerzas, situado siempre del lado de la mayor y determina dos segmentos que cumplen con la relación de Stevin.

Método Gráfico: para obtener gráficamente la resultante de un sistema de fuerzas paralelas de sentido contrario ($F_1 < F_2$), se representa F_1 sobre el punto de aplicación de F_2 (F'_1), con sentido contrario a F_1 , y F_2 sobre el punto de aplicación de F_1 (F'_2) con igual sentido que F_2 . La resultante del sistema pasará por el punto intersección de las rectas que unen los puntos de aplicación de F'_1 y F'_2 y los extremos de ambas.



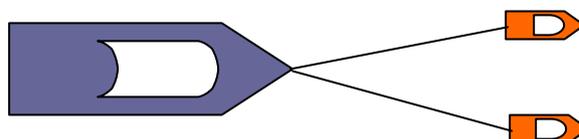
Relación de Stevin

$$\frac{\vec{F}_1}{BO} = \frac{\vec{F}_2}{AO} = \frac{\vec{R}}{AB}$$

Un ejemplo de este tipo de sistema es el caso de la fuerza ejercida sobre una llave cruz.

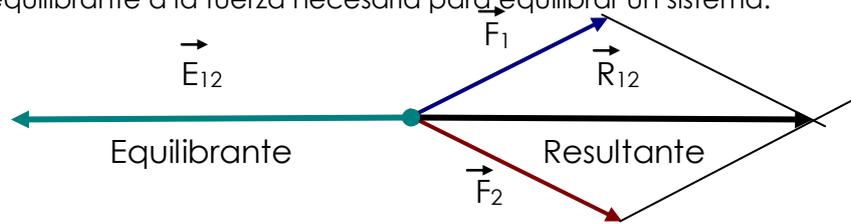
Sistemas de Fuerzas Concurrentes

Son fuerzas concurrentes aquellas cuyas rectas de acción pasan por un mismo punto. Por ejemplo, dos barcazas arrastrando un barco:



Resultante de un sistema de fuerzas concurrentes

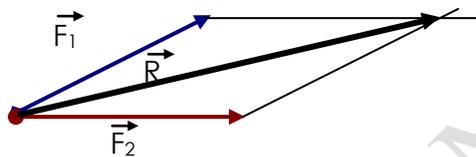
Es una fuerza que al estar aplicada al cuerpo, produce el mismo efecto que todo el sistema. Denominamos equilibrante a la fuerza necesaria para equilibrar un sistema.



Un sistema está en **equilibrio** cuando se halla en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme (moviéndose con velocidad constante). A la obtención de la resultante de un sistema de fuerzas se lo denomina **composición de fuerzas**.

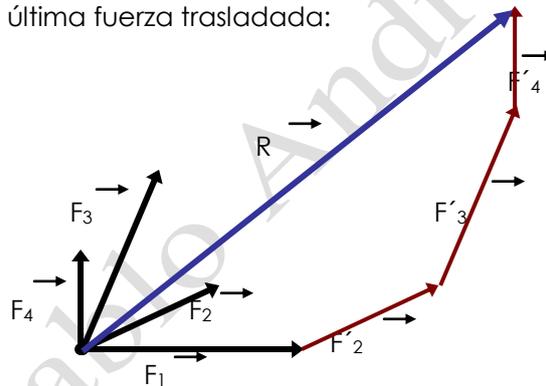
Regla del Paralelogramo

Dadas dos fuerzas concurrentes, su resultante es igual a la diagonal del paralelogramo que resulta de trazar las paralelas a cada fuerza, por el extremo de cada vector, tal como se muestra en la siguiente figura:



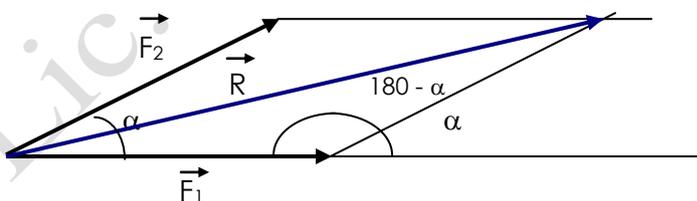
Regla del Polígono

Este método consiste en trasladar la fuerza F_2 a continuación de F_1 , con la misma dirección y sentido, y así sucesivamente con el resto de las fuerzas. La resultante del sistema se obtiene trazando el vector que une el punto de aplicación de F_1 con el extremo del vector correspondiente a la última fuerza trasladada:



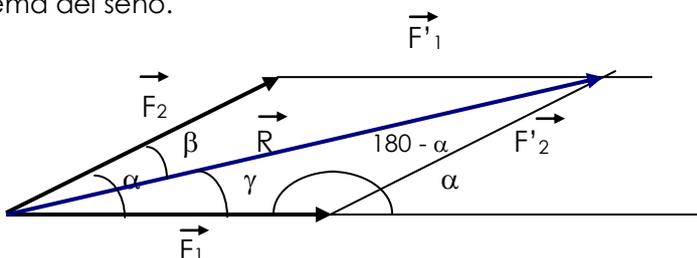
Determinación analítica de la resultante de fuerzas concurrentes

a) Cálculo del módulo de la resultante: basado en el teorema del coseno :



$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$$

b) Cálculo de los ángulos que forma la resultante con ambas fuerzas: basado en el teorema del seno.

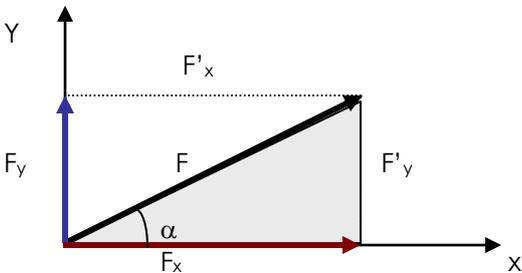


$$\frac{\sin \beta}{F_1} = \frac{\sin (180-\alpha)}{R} = \frac{\sin \gamma}{F_2}$$

- a) **Cálculo analítico de la resultante de tres o más fuerzas concurrentes:** se resuelve por pasos sucesivos, determinando la resultante de dos de ellas y luego la de dicha resultante con la tercera fuerza, y así sucesivamente con las restantes fuerzas.

DESCOMPOSICIÓN RECTANGULAR DE FUERZAS:

Es el proceso inverso a la composición de fuerzas, es decir, dada una fuerza, se busca un par de fuerzas cuya resultante sea igual en dirección, sentido e intensidad a la fuerza original.



Aplicando funciones trigonométricas al triángulo rectángulo que contiene el ángulo α :

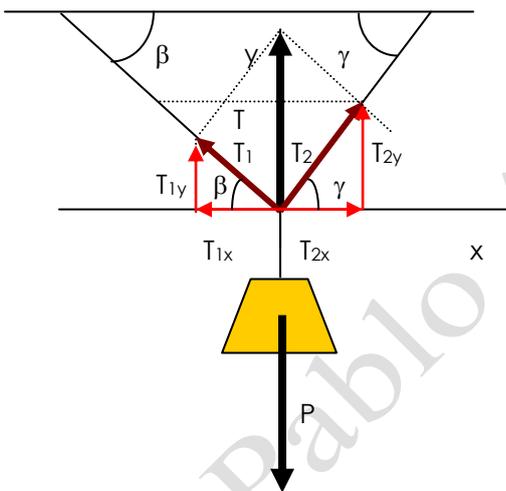
$\text{sen } \alpha : \text{CO} / \text{H} = F_y / F \quad F_y = F \cdot \text{sen } \alpha$

$\text{cos } \alpha : \text{CA} / \text{H} = F_x / F \quad F_x = F \cdot \text{cos } \alpha$

Referencias: CO : cateto opuesto al ángulo α CA: cateto adyacente H: hipotenusa

Ejemplo de aplicación:

Supongamos que un objeto cuyo peso es P cuelga de dos cables de acero como muestra la figura y que deseamos averiguar qué fuerza debe realizar cada cable para sostenerlo:



β y γ son los ángulos que forman los cables con el techo.

La Fuerza T (hacia arriba) representa la fuerza total que deben realizar ambos cables para sostener el el bloque. Esta fuerza debe ser igual al peso del bloque.

Si descomponemos esta fuerza en la dirección de los cables, obtenemos las dos tensiones que sopor-tan éstos, es decir, T_1 y T_2 . Estas son las fuerzas que queremos averiguar.

Para lograr este propósito, descomponemos ambas tensiones en los ejes x e y representados en la figura. Como se trata de una descomposición rectangular, aplicamos funciones trigonométricas:

$T_{1x} = T_1 \cdot \text{cos } \beta$

$T_{1y} = T_1 \cdot \text{sen } \beta$

$T_{2x} = T_2 \cdot \text{cos } \gamma$

$T_{2y} = T_2 \cdot \text{sen } \gamma$

Para que el sistema de fuerzas esté en equilibrio, debe cumplirse las siguientes condiciones:

$T_{1x} = T_{2x} \quad \text{y} \quad T_{1y} + T_{2y} = P$

Reemplazando por las ecuaciones de arriba nos queda :

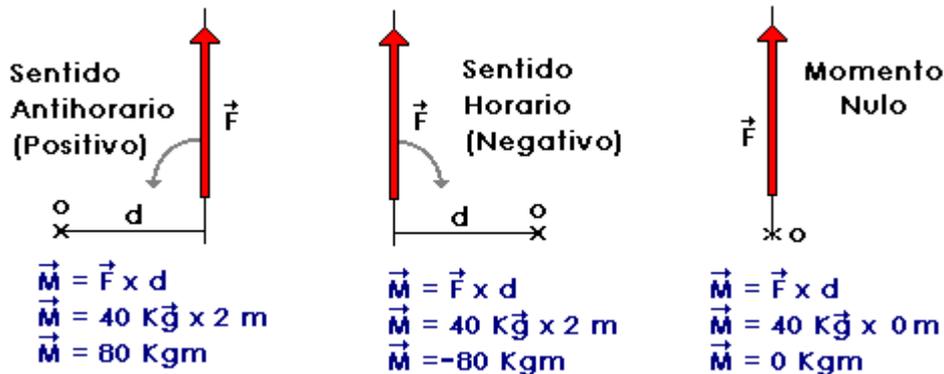
$T_1 \cdot \text{cos } \beta = T_2 \cdot \text{cos } \gamma$

$T_1 \cdot \text{sen } \beta + T_2 \cdot \text{sen } \gamma = P$

Conocidos los ángulos β y γ y el peso P, las únicas incógnitas de este sistema de ecuaciones lineales con dos incógnitas son T_1 y T_2 . Puede resolverse aplicando cualquiera de los métodos de resolución de este tipo de sistemas: suma y resta, sustitución, determinantes, etc.

MOMENTO DE UNA FUERZA

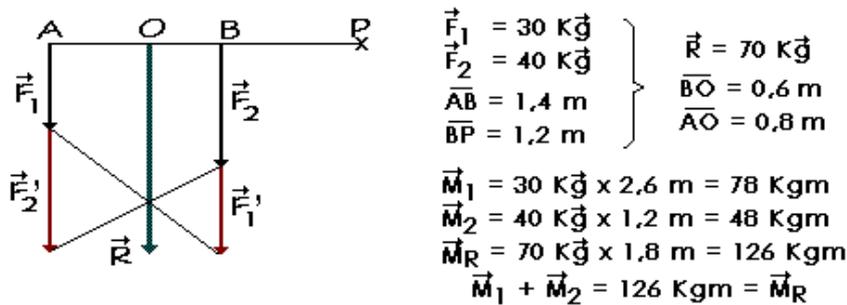
Se denomina momento de una fuerza con respecto a un punto, al producto de la intensidad de la fuerza por la distancia tomada perpendicularmente a la recta de acción de la fuerza hasta dicho punto. El momento puede ser positivo o negativo, según la posición relativa del punto respecto de la fuerza:



El momento es positivo si el punto se encuentra a la izquierda de la fuerza (sentido antihorario desde la fuerza hacia el punto), y negativo en sentido horario. La posición del punto debe tomarse teniendo en cuenta el sentido de la fuerza.

Teorema de Momentos o Teorema de Varignon

El momento de la resultante de un sistema de fuerzas con respecto a un punto es igual a la suma de los momentos individuales de las componentes con respecto a dicho punto.



Cuplas

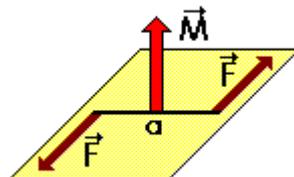
Un sistema de dos fuerzas paralelas, de igual intensidad y sentidos contrarios, constituye una cupla o par de fuerzas.

Aplicando los conceptos vistos para la determinación de la resultante de un sistema de fuerzas paralelas de sentido contrario, observaremos que dicha resultante es nula en este caso. No obstante, su efecto no es nulo pues puede producir rotación del cuerpo sobre el que actúa.

Se define momento de una cupla al producto de la intensidad de una de sus fuerzas (F) por la distancia que las separa (a):

$$M = F \cdot a$$

Una cupla se representa mediante un vector perpendicular al plano determinado por ambas fuerzas, cuya intensidad es igual al momento de la misma. El momento de la cupla representado en la siguiente figura es positivo, de forma tal que un tirabuzón, accionado en el sentido de las fuerzas, ascenderá en dicha dirección.



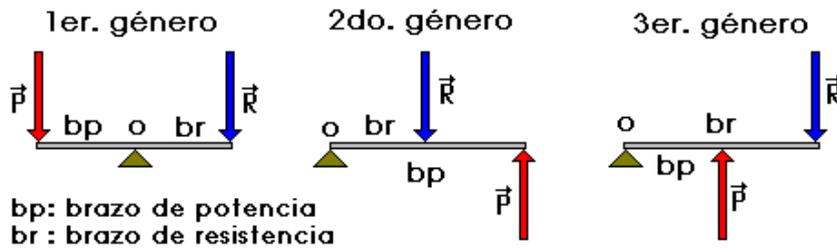
MÁQUINAS SIMPLES

Son dispositivos o herramientas que realizan trabajo, basadas en el concepto de momento de fuerzas.

Palancas

Un cuerpo rígido con un punto de apoyo fijo "o" sometido a la acción de dos fuerzas P y R que tienden a hacerlo girar, constituye una palanca. La condición de equilibrio establece que el momento de la potencia P respecto del punto de apoyo "o" debe ser igual al momento de la resistencia R respecto del mismo punto.

Hay tres tipos de palanca según la posición relativa de P, R y "o":



$$M_P = M_R$$

$$P \times bp = R \times br$$

Se define la multiplicación de la palanca (d) como el cociente entre el brazo de potencia y el brazo de resistencia,

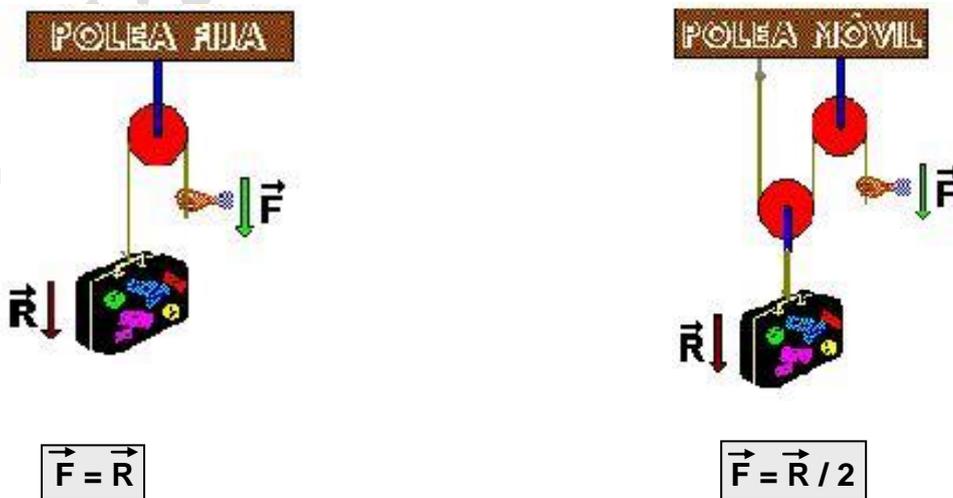
$$d = bp / br$$

Ejemplos de palancas:

- 1º género: pinza, tijera, sube y baja.
- 2º género: carretilla.
- 3º género: caña de pescar.

Poleas

Un disco que gira alrededor de un eje fijo "o" por el cual pasa un hilo, constituye una polea. Existen dos tipos de poleas:



APAREJOS

Son dispositivos que combinan poleas fijas y móviles, los que permiten levantar pesos con menor esfuerzo.

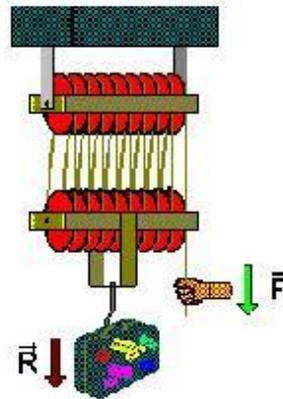
Aparejo Factorial o en serie

Consiste de n poleas fijas armadas sobre una montura e igual número de poleas móviles sobre otra montura, como se muestra en el dibujo de la página siguiente:

CONDICIÓN DE EQUILIBRIO:

$$\vec{F} = \vec{R} / 2.n$$

n: cantidad de poleas móviles



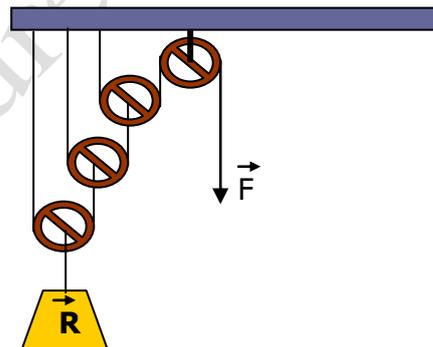
Aparejo Potencial

Consiste en una polea fija y n poleas móviles de tal forma que cada una de ellas posee un extremo fijo y el otro sujeto a la polea siguiente:

CONDICIÓN DE EQUILIBRIO:

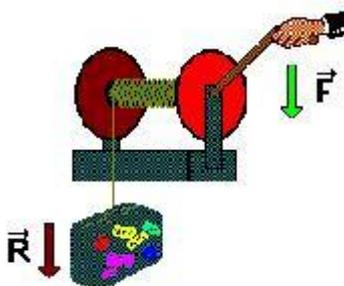
$$\vec{F} = \vec{R} / 2^n$$

n: cantidad de poleas móviles



Torno o Malacate

Consiste en un cilindro móvil de radio "r " que gira alrededor de un eje, bajo la acción de una fuerza "F " aplicada en una manivela de longitud "L " situada en uno de los extremos del mismo. Se emplea para levantar pesos con esfuerzos menores. La condición de equilibrio de los momentos de la fuerza P y la resistencia R establece para el torno:

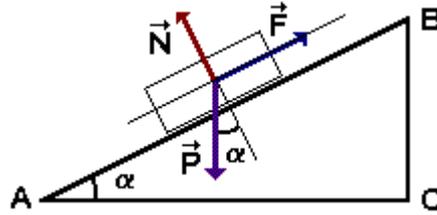


Condición de Equilibrio

$$M_F = M_R \implies F.L = R.r$$

EQUILIBRIO EN UN PLANO INCLINADO

Una superficie plana que forma un ángulo α con la línea horizontal, constituye un plano inclinado.



Un cuerpo de peso P ubicado sobre dicho plano, puede ser sostenido mediante una fuerza F menor que su peso. Al apoyar el cuerpo sobre el plano inclinado, éste aplica una fuerza normal N sobre el cuerpo, que es perpendicular al plano. Cuando el sistema está en equilibrio debe cumplir que:

$$F = P \cdot \text{sen } \alpha \text{ y } N = P \cdot \text{cos } \alpha$$

Donde: $\text{sen } \alpha = BC / AB$ $\text{cos } \alpha = AC / AB$ $\text{tg } \alpha = BC / AC$
siendo AB la longitud del plano (l), BC su altura (h), AC su base (b) y α su inclinación.

Reemplazando en la condición de equilibrio, nos queda:

$$F = P \cdot h / l \text{ y } N = P \cdot b / l$$

EQUILIBRIO DE CUERPOS SUSPENDIDOS Y APOYADOS

Centro de gravedad

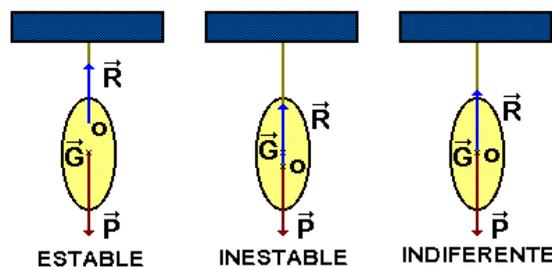
Definimos centro de gravedad de un cuerpo al punto por donde pasa la recta de acción de la fuerza Peso, cualquiera sea la posición del cuerpo.

Según la posición relativa del centro de gravedad con respecto al punto o eje de suspensión o apoyo de un cuerpo, pueden presentarse tres tipos de equilibrio:

- Estable:** cuando al desviar al cuerpo de su posición de equilibrio, vuelve a ella.
- Inestable:** cuando al desviarlo de su posición de equilibrio, se aleja de ella.
- Indiferente:** cuando al alejarlo de su posición, se mantiene en equilibrio.

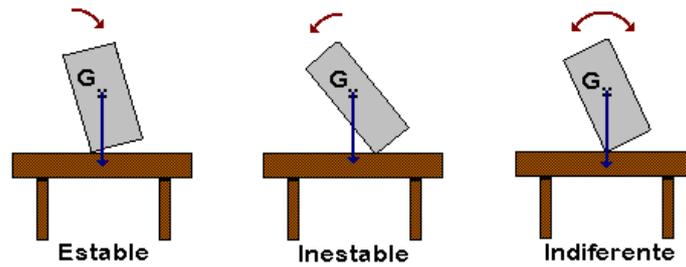
Cuerpos suspendidos

Para que un cuerpo suspendido esté en equilibrio, el eje vertical que pasa por el centro de gravedad G , debe pasar por el punto de suspensión O . Si el centro de gravedad está por debajo del punto de suspensión O , entonces el equilibrio es estable. Si en cambio, está por encima, el equilibrio es inestable. En el caso en que G y O coincidan, el equilibrio es indiferente. R es la fuerza de reacción R (igual y contraria a P) que mantiene al cuerpo suspendido.



Cuerpos apoyados

Un cuerpo apoyado sobre un plano está en equilibrio estable cuando la vertical del centro de gravedad cae dentro de la base de sustentación (base de apoyo o polígono que circunscribe a los puntos de apoyo). El cuerpo de la izquierda retornará a su posición original, mientras que el del centro se caerá. El cuerpo de la derecha podrá caer hacia ambos lados.



Lic. Pablo Andrés Manzano