

Máquinas y mecanismos

1. Introducción

El hombre a lo largo de la historia ha inventado una serie de dispositivos o artilugios llamados máquinas que le facilitan y, en muchos casos, posibilitan la realización de una tarea.

Una **máquina** es el conjunto de elementos fijos y/o móviles, utilizados por el hombre, y que permiten reducir el esfuerzo para realizar un trabajo (o hacerlo más cómodo o reducir el tiempo necesario).

Las máquinas suelen clasificarse atendiendo a su complejidad en máquinas simples y máquinas compuestas:

Máquinas simples: realizan su trabajo en un sólo paso o etapa. Por ejemplo las tijeras donde sólo debemos juntar nuestros dedos. Básicamente son seis: la palanca, la rueda, el tornillo, la cuña y el plano inclinado. Muchas de estas máquinas son conocidas desde la antigüedad y han ido evolucionando hasta nuestros días.

Máquinas complejas: realizan el trabajo encadenando distintos pasos o etapas. Por ejemplo, un corta-uñas realiza su trabajo en dos pasos: una palanca le transmite la fuerza a otra, la cual se encarga de apretar los extremos en forma de cuña.

Partes de una Máquina

En general, y de forma simplificada, se puede decir que toda máquina está formada por 3 elementos principales:

- 1) Elemento motriz: dispositivo que introduce la fuerza o el movimiento en la máquina. Suele tratarse de un motor (de gasolina o eléctrico), de esfuerzo muscular (de una persona o un animal), una fuerza natural (viento, corriente de agua de un río), etc.
- 2) Mecanismo: dispositivo que traslada el movimiento del elemento motriz al elemento receptor.
- 3) Elemento receptor: recibe el movimiento o la fuerza para realizar la función de la máquina

Ejemplo: BICICLETA

- 1) Elemento motriz: fuerza muscular del ciclista sobre los pedales.
- 2) Mecanismo: cadena.
- 3) Elemento receptor: ruedas



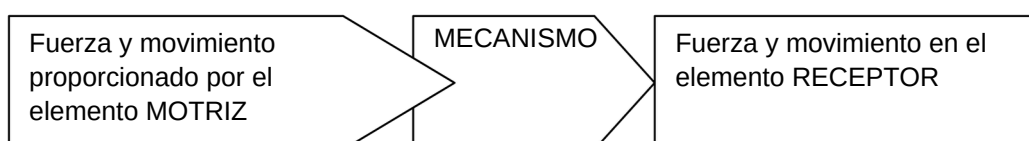
Fig1: Bicicleta

Mientras que las estructuras (partes fijas) de las máquinas soportan fuerzas de un modo estático (es decir, sin moverse), los mecanismos (partes móviles) permiten el movimiento de los objetos.

Toda máquina contiene uno o varios mecanismos que le sirven para controlar o transformar el movimiento producido por el elemento motriz.

Todo mecanismo de cualquier máquina estará compuesto internamente por uno o varios dispositivos denominados "operadores" (palancas, engranajes, ruedas, tornillos, etc.). Por ejemplo, el mecanismo de una bicicleta está formado por varios operadores, como son la cadena y los engranajes que conecta (platos y piñones).

Los **mecanismos** son los elementos de una máquina destinados a transmitir y transformar las fuerzas y movimientos desde un elemento motriz, llamado motor a un elemento receptor; permitiendo al ser humano realizar trabajos con mayor comodidad y/o, menor esfuerzo (o en menor tiempo).



2. Tipos de movimiento y clasificación

Muchas máquinas contienen uno o varios componentes que realizan movimientos. Dichos movimientos pueden ser básicamente de cuatro tipos:

1) **Movimiento lineal(rectilíneo).**: se produce en una línea recta y en un solo sentido. Es el que se produce por ejemplo en el cerrojo de una puerta pues cada vez que funciona va en un solo sentido.



Fig2: Cinta transportadora

3) **Movimiento circular (giratorio).**: es un movimiento en un círculo y en un solo sentido. Por ejemplo el producido en las ruedas de un vehículo o en los ejes de los motores.

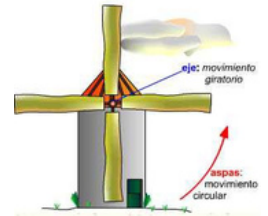


Fig3: Molino

2) **Movimiento alternativo:** es un movimiento de avance y retroceso en una línea recta. Por ejemplo el que se produce en la aguja de una máquina de coser o en el pistón de un motor.

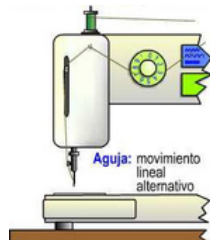


Fig4: Máquina de coser

4) **Movimiento oscilante:** es un movimiento de avance y retroceso en un arco de circunferencia. Por ejemplo el que se produce en un péndulo o en un columpio

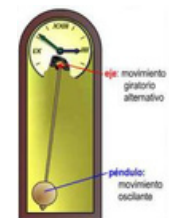


Fig5: Reloj

Tabla 1: Tipos de movimientos

En tecnología, cuando se diseña una máquina, lo más normal es que esté movida por un motor, que tiene un movimiento circular, pero a veces no es ese el tipo de movimiento que necesitamos. En ese caso habrá que poner algo que cambie el tipo de movimiento. Por ejemplo en una grúa, nuestra intención suele ser poder levantar (con un movimiento lineal) un peso, para lo que disponemos de un motor con movimiento circular. No podemos unir directamente el peso al motor, porque entonces giraría en lugar de elevarse. Pero sí podemos enrollar el cable de la grúa en un tambor movido por el motor. Ese elemento será uno de los que estudiaremos en este tema.

En otras ocasiones nos encontramos que tenemos que aumentar la fuerza de la máquina para que realice correctamente su función. Por ejemplo, en el caso de la grúa nos interesa elevar la mayor cantidad posible de peso. También tendremos que poner algo que aumente la fuerza, como por ejemplo un sistema de reducción con engranajes.

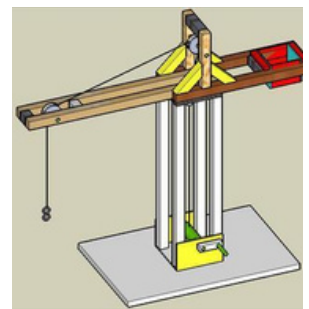


Fig6: Grúa

Dependiendo del tipo de movimiento que produce el elemento motriz, y del tipo de movimiento que necesita recibir el elemento receptor, los mecanismos deberán realizar una u otra función.

1. Mecanismos de transmisión del movimiento.

_ Si el elemento motriz produce un movimiento circular, y el elemento receptor necesita recibir un movimiento circular, el mecanismo sólo tendrá que **transmitir** el movimiento del elemento motriz al elemento receptor. Ejemplo: el mecanismo de transmisión por cadena de la bicicleta.

2. Mecanismos de transformación de movimiento.

_ Si el elemento motriz produce un movimiento lineal, y el elemento receptor necesita recibir un movimiento circular, el mecanismo deberá **transformar** el movimiento de lineal a circular, y **transmitir** después dicho movimiento al receptor.

Ejemplo: mecanismo biela-manivela de transformación lineal a circular en la locomotora de vapor.

3. Máquinas simples.

Cuando la máquina es sencilla y realiza su trabajo en un solo paso nos encontramos ante una **máquina simple**. Muchas de estas máquinas son conocidas desde la prehistoria o la antigüedad y han ido evolucionando incansablemente (en cuanto a forma y materiales) hasta nuestros días.

Algunos inventos que cumplen las condiciones anteriores son: cuchillo, pinzas, rampa, cuña, polea simple, rodillo, rueda, manivela, torno, hacha, pata de cabra, balancín, tijeras, alicates, llave fija...

Las máquinas simples se pueden clasificar en tres grandes grupos que se corresponden con el principal operador del que derivan: palanca, plano inclinado y rueda.

LA CUÑA	Es una máquina simple que se utiliza para separar cuerpos. Encontramos muchas herramientas para cortar que tienen forma de cuña (hacha, formón, cincel, etc.).	 Fig7
PLANO INCLINADO	Permite subir o bajar objetos realizando menos esfuerzo. Cuanto más longitud tenga el plano inclinado y menor pendiente menos esfuerzo tendremos que realizar. Permite elevar cargas de forma continua.	 Fig8
EL TORNILLO	Cuando se realiza el agujero para un pozo, un tornillo penetra en la tierra a la vez que gira para introducirse más y expulsar la tierra.	 Fig9
EL TORNO	Consiste en un cilindro que gira con una manivela. Al igual que el resto de máquinas reduce la fuerza que el hombre debe aplicar para subir o bajar cargas. Cuanto mayor sea la longitud de la manivela menor será la fuerza que hay que aplicar.	 Fig10
LA POLEA	Es una rueda acanalada por la que hacemos pasar una cuerda. Con la polea invertimos el sentido en que aplicamos la fuerza para elevar el objeto facilitando así el levantamiento de pesos. Existen tres tipos.	 Fig11
LA PALANCA	Es una barra rígida que gira en torno a un punto de apoyo. Existen tres tipos de palancas. En función del tipo cambia la función para la que utilizamos la palanca.	 Fig12

Tabla 2: Maquinas simples

4. Mecanismos de transmisión del movimiento.

Estos mecanismos se encargan de transmitir el movimiento, la fuerza y la potencia producidos por un elemento motriz (motor) a otro punto, sin transformarlo. Para su estudio distinguimos según transmitan un movimiento lineal o circular:

4.1. Mecanismos de transmisión lineal.

4.1.1. La palanca.

“Dadme una barra y un punto de apoyo, y moveré el mundo” (Arquímedes, s. III a.C.).

Las palancas son objetos rígidos que giran entorno un **punto de apoyo o fulcro**. En un punto de la barra se aplica una **fuerza o potencia (F)** con el fin de vencer una **resistencia (R)**. Al realizar un movimiento lineal de bajada en un extremo de la palanca, el otro extremo experimenta un movimiento lineal de subida. Por tanto, la palanca nos sirve para transmitir fuerza o movimiento lineal.

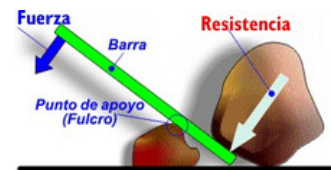


Fig13: Palanca

La palanca se encuentra en equilibrio cuando el producto de la fuerza (**F**), por su distancia al punto de apoyo (**d**) es igual al producto de la resistencia (**R**) por su distancia al punto de apoyo (**r**). Esta es la denominada **ley de la palanca**, que matemáticamente se expresa como: $F \cdot d = R \cdot r$ Donde :

F: Fuerza o potencia.

d: Brazo de la fuerza, es la distancia desde el punto donde se ejerce la fuerza al punto de apoyo.

R: Resistencia

r: Brazo de la resistencia, es la distancia desde el punto donde se encuentra la resistencia a vencer al punto de apoyo.

Esta expresión matemática tiene una interpretación práctica muy importante: “cuanto mayor sea la distancia de la fuerza aplicada al punto de apoyo (brazo de fuerza), menor será el esfuerzo a realizar para vencer una determinada resistencia”.

Ejemplos:

_ La fuerza necesaria para levantar una piedra con un palo es menor cuanto más lejos del punto de apoyo se aplica dicha fuerza.

_ Al emplear un cascanueces es más fácil romper la nuez (resistencia) cuanto más lejos ejerzamos la fuerza (brazo de fuerza).

Se denomina ventaja mecánica al cociente entre la resistencia a vencer y la fuerza a aplicar. La ventaja mecánica viene a indicar la reducción de esfuerzo que se consigue empleando una palanca.

$$\text{Ventaja Mecánica} = \frac{\text{Resistencia}}{\text{Fuerza}} = \frac{\text{Brazo de fuerza}}{\text{Brazo de resistencia}}$$

Ejercicio resuelto

Calcula la fuerza que habría que aplicar (F) para mover un peso de 200 Kg mediante una barra apoyada en un pivote situado a 2 metros del peso a mover, y a 5 metros del punto de aplicación de la fuerza.

F = ¿?

R = 200 Kg

BF = 5 m BR = 2 m

Solución: Aplicando directamente la ley de la palanca y despejando

la fuerza que hay que aplicar F, se obtiene: $F \cdot BF = R \cdot BR$

$F = (R \cdot BR) / BF = (200 \cdot 2) / 5 = 80 \text{ Kg}$

Es decir, para elevar un peso de 200 Kg, utilizando una palanca como la indicada sólo hay que hacer una fuerza de 80 Kg.

Ventaja mecánica = $200 \text{ Kg} / 80 \text{ Kg} = 2,5$

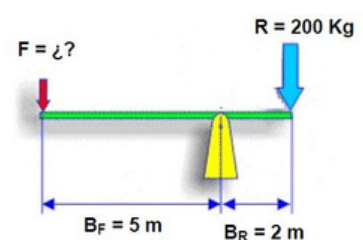


Fig14: Palanca

Tipos de Palancas

Hay tres tipos (géneros o grados) de palanca según se sitúen la fuerza, la resistencia y el punto de apoyo:

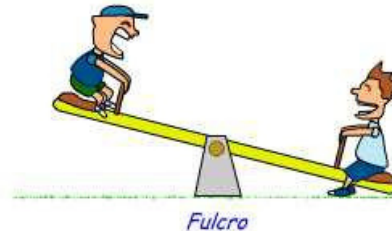
1) Palancas de primer grado.

El punto de apoyo (fulcro) se sitúa entre la fuerza aplicada y la resistencia a vencer.

Ejemplos: Balancín, balanza, tijeras, alicate, martillo (al sacar un clavo), remo de una barca, pinzas de colgar ropa....



Fig15: Palanca primer grado



2) Palancas de segundo grado.

La resistencia a vencer se sitúa entre la fuerza aplicada y el punto de apoyo (fulcro).

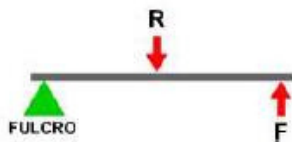
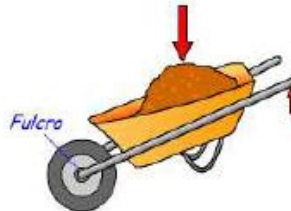


Fig16: Palanca segundo grado



Ejemplos: Carretilla, cascanueces, fuelle, abridor de botellas...

3) Palancas de tercer grado.

La fuerza aplicada se sitúa entre la resistencia a vencer y el punto de apoyo (fulcro).

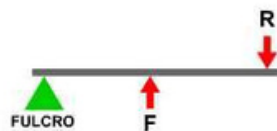
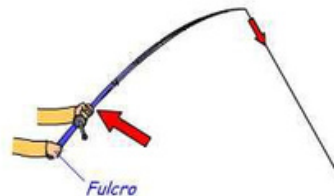


Fig17: Palanca tercer grado



Ejemplos: caña de pescar, pinzas de depilar, pinzas de hielo, escoba (al barrer), remo de una canoa, banderas, pala de arena

4.1.2. Poleas y polipastos.

Para levantar una carga se puede hacer tirando de ella hacia arriba, pero suele ser incómodo y está limitada la altura de elevación.

La **polea** es una rueda ranurada que gira alrededor de un eje. Este se encuentra sujeto a una superficie fija. Por la ranura de la polea se hace pasar una cuerda o cable que permite vencer de forma cómoda una **resistencia (R)** aplicando una **fuerza (F)**.

Las poleas sirven para elevar cargas con más comodidad porque

cambian la dirección de la fuerza. Pero lo más importante es que también pueden dividir la fuerza para elevar una carga si se combinan las poleas formando un polipasto.

Un **polipasto** está formado por una polea fija y una polea móvil. La polea fija solo gira cuando se tira de la cuerda y la polea móvil gira a la vez que se desplaza hacia arriba.

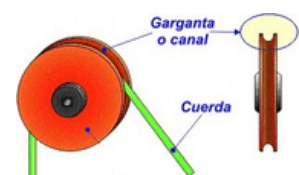


Fig18: Polea

POLEA FIJA

Se encuentra en equilibrio cuando la fuerza a aplicar (F) es igual a la resistencia (R) que presenta la carga; es decir cuando $F = R$. No proporciona ahorro de esfuerzo para subir una carga. Sólo se usa para **cambiar la dirección o sentido de la fuerza** aplicada y hacer más cómodo su levantamiento (porque nuestro peso nos ayuda a tirar).

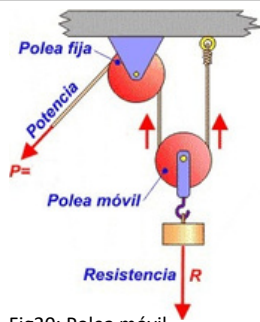


Fig20: Polea móvil

POLEA MÓVIL

Polea conectada a una cuerda que tiene uno de sus extremos fijo y el otro móvil, de modo que puede moverse linealmente.

La polea móvil se encuentra en equilibrio cuando $F = R/2$; por lo que mediante este sistema la fuerza a realizar para vencer una resistencia **se reduce a la mitad**. En contrapartida, se necesita tirar del doble de cuerda de la que habría sido necesaria con una polea fija.



Fig19: Polea fija

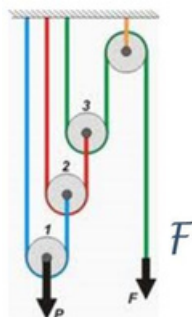
POLIPASTOS O POLEAS COMPUESTAS

Montaje compuesto de varias poleas fijas y móviles.

Las poleas fijas se emplean para modificar la dirección de la fuerza que ejercemos, mientras que las poleas móviles reducen el esfuerzo a aplicar.

Este tipo de sistema se encuentra en grúas, montacargas, ascensores....

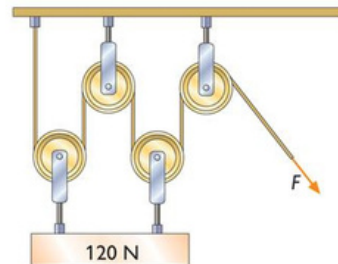
La fuerza necesaria para equilibrar el sistema vendrá dado por el número de poleas, y como estén configuradas.



$$F = \frac{R}{2^n}$$

$n = \text{n}^\circ$ poleas móviles

Fig21: Polipasto exponencial



$$F = \frac{R}{2^n}$$

$n = \text{n}^\circ$ poleas móviles

Fig22: Polipasto factorial

Polipasto exponencial

Tenemos una sola polea fija y las demás son móviles. Cada polea móvil cuelga de la anterior y la carga cuelga de la última polea móvil. Cada tramo de cuerda soporta la mitad de la carga que cuelga de ella:

$$F = \frac{R}{2^n}$$

Donde n es el número de poleas móviles

Polipasto factorial

Es un tipo de polea móvil con un número par de poleas, la mitad son fijas y la otra mitad son móviles. En un polipasto, si quiero vencer una resistencia R debo hacer fuerza mucho menor de modo que:

$$F = \frac{R}{2^n}$$

Donde n es el número de poleas móviles (las inferiores). En este ejemplo, este polipasto tiene tres poleas móviles.

$$F = \frac{R}{2^n} = \frac{R}{6}$$

En este caso, el esfuerzo es seis veces menor. Así si quiero levantar 30 kg de peso, solo debo ejercer una fuerza de 5 kg.

Cálculo de fuerzas con aparejos

- La fuerza que hay que hacer es igual a lo que pesa la carga dividido por dos veces el número de poleas móviles.
- La cuerda que hay que recoger es igual a lo que queremos que suba la carga multiplicado por dos veces el número de poleas móviles.

Si llamamos R a la resistencia, es decir, al peso que tenemos que levantar, P a la potencia, es decir, la fuerza que tenemos que realizar, y N al número de poleas móviles, se cumple la fórmula:

$$P = \frac{R}{2^N}$$

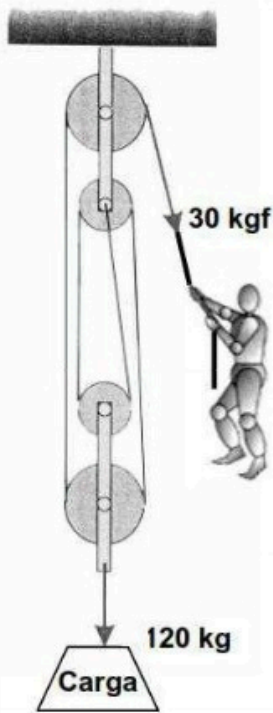
Ejemplo

Queremos levantar una caja que pesa 120 kg con un polipasto de dos poleas móviles y dos fijas. ¿Qué fuerza tenemos que hacer?

Solución: Sabemos que $R = 120$ kg y que $N = 2$.

$$P = \frac{R}{2^N} = \frac{120}{4} = 30$$

En este caso para levantar una carga de 120kg, se requiere solo hacer 30kg de fuerza, es decir, que este aparato multiplico mi fuerza por 4.



Calculo de fuerzas con poleas móviles

Si llamamos R a la resistencia, es decir, al peso que tenemos que levantar, P a la potencia, es decir, la fuerza que tenemos que realizar, y N al número de poleas móviles (sin contar la polea fija), se cumple la fórmula:

$$P = \frac{R}{2^N}$$

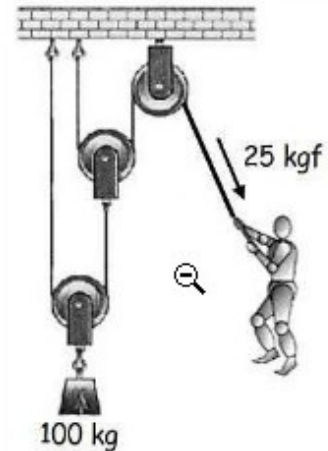
Ejemplo

Queremos levantar una caja que pesa 100 kg con un mecanismo de dos poleas móviles. ¿Qué fuerza tenemos que hacer?

Solución: Sabemos que $R = 100$ kg y que $N = 2$.

$$P = \frac{100\text{kg}}{2^2} = \frac{100\text{kg}}{4} = 25\text{kg}$$

Es decir, que solo con hacer 25kg de fuerza, puedo levantar una caja de 100kg.



4.2. Mecanismos de transmisión circular.

Estos consisten en sistemas de dos o más ruedas que se encuentran en contacto directo o a través de unas correas.

4.2.1. Sistemas de ruedas o poleas.

4.2.1.1. Ruedas de fricción

Son sistemas de dos o más ruedas que se encuentran en **contacto directo**. Una de las ruedas se denomina **rueda motriz** (o de entrada), púes al moverse provoca el movimiento de la **rueda conducida** (o de salida) que se ve arrastrada por la primera. El sentido de giro de la rueda conducida es contrario a la de la rueda motriz.

Aplicaciones: para prensar o arrastrar papel, chapas metálicas, de madera, en impresoras, videos (para mover la cinta) dinamos de bicicletas, transmisión en norias, balancines, tocadiscos, etc.

Características:

- La rueda conducida siempre gira en sentido contrario al de la rueda motriz.
- Las ruedas de fricción pueden patinar: no se pueden usar para transmitir grandes potencias.
- La rueda de mayor tamaño siempre gira a menor velocidad que la rueda más pequeña: permiten sistemas de aumento o reducción de la velocidad de giro.

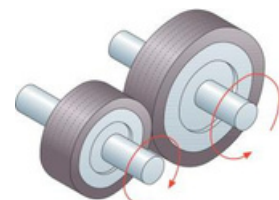


Fig23: Ruedas de fricción

4.2.1.2. Transmisión por correa

Es un mecanismo que permite transmitir un movimiento circular entre dos ejes **situados a cierta distancia**. Cada eje se conecta a una rueda o polea, y entre ambas se hace pasar una correa que transmite el movimiento circular por rozamiento.

Características:

- La transmisión por rozamiento de la correa puede patinar.
 - La rueda/polea de mayor tamaño siempre gira a menor velocidad que la rueda/polea más pequeña.
- Permite construir sistemas de aumento o disminución de velocidad de giro.
- En función de la posición de la correa se puede conseguir que la polea conducida gire en el mismo sentido o en sentido inverso. Sólo si la correa se cruza, el sentido de giro de las poleas se invierte.

Aplicaciones: Los sistemas de poleas con correa se utilizan en innumerables: máquinas industriales, coches, lavadoras, taladros, juguetes...



Fig24: Poleas sentido giro

Relación de transmisión(i).

La utilidad más importante de los mecanismos de transmisión es, además de transmitir el movimiento circular desde el motor al receptor, aumentar o reducir la velocidad de giro entre el eje motriz y el eje conducido.

Se define la relación de transmisión (i) como el cociente entre la velocidad de giro del eje conducido (N2) y la velocidad de giro del eje motriz (N1). Se puede ver también como el cociente entre la velocidad de salida (vs) y la velocidad de entrada (ve) al mecanismo $i = N2 / N1 = v_s / v_e$

- Cuando N2 es mayor que N1 se cumple que $i > 1$ el mecanismo está aumentando la velocidad de giro.
- Cuando N2 es menor que N1 se cumple que $i < 1$ el mecanismo está disminuyendo la velocidad de giro.
- Cuando N2 es igual que N1 se cumple que $i = 1$ el mecanismo mantiene (ni aumenta ni reduce) la velocidad de giro.

El motor proporciona un movimiento circular a las máquinas. El mecanismo de transmisión circular (transmisión por correa, en este caso) lleva el movimiento circular del motor al receptor de la máquina.

Se define la **relación de transmisión** como el cociente entre la velocidad de giro de la rueda conducida y la velocidad de giro de la rueda motriz. Dicha relación depende del tamaño relativo de las ruedas y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde:

D1 y D2 son los diámetros de las ruedas 1 y 2

n1 y n2 son las velocidades de las ruedas motriz y conducida, respectivamente; expresadas en **revoluciones por minuto (rpm)**.

Así podemos tener sistemas reductores (cuando la velocidad de la rueda conducida es menor que la de la motriz), sistemas multiplicadores (cuando la velocidad de la rueda conducida es mayor que la de la motriz), o sistemas en los que la velocidad no se modifica.

Multiplicación y reducción de la velocidad

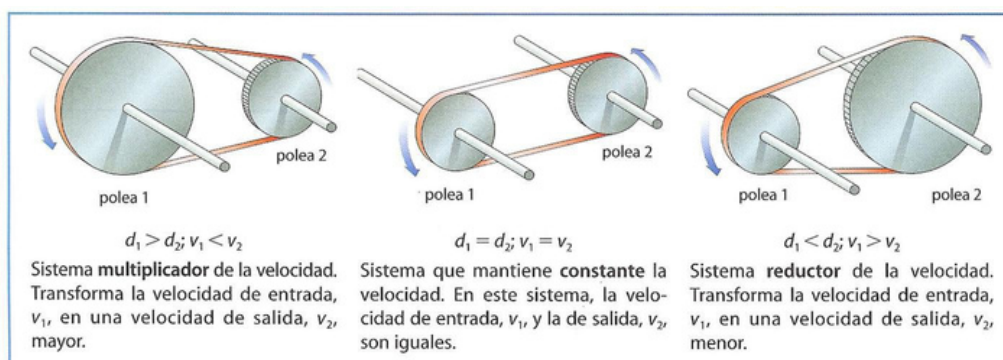


Tabla4: Velocidad poleas

4.2.1.3. Tren de poleas con correa.-

Los trenes de poleas se emplean cuando es necesario transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes con una gran reducción o aumento de la velocidad de giro sin tener que recurrir a diámetros de las poleas excesivamente grandes o pequeños. Los trenes de poleas se construyen sobre un soporte en el que se instalan varias poleas dobles con sus respectivos ejes y una correa por cada dos poleas. El sistema se monta en cadena de tal forma que en cada polea doble, una hace de conducida de la anterior y de conductora de la siguiente.

El tren de poleas es un sistema de poleas formado por más de dos poleas, el movimiento circular del eje motriz, se transmite al eje 2 a través de las poleas. La polea 2 y la 3 están unidas solidariamente al eje 2, por lo que **giran a la misma velocidad**. El movimiento de la polea 3 se transmite a la polea 4 a través de la correa y al eje de salida al que se encuentra unida solidariamente.

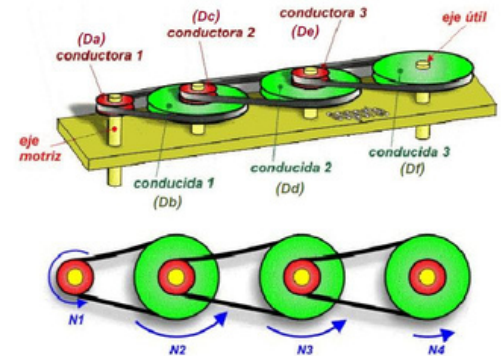


Fig25: Tren poleas

$$i = \frac{N4}{N1} = \frac{\text{Producto de los diámetros de las poleas conductoras}}{\text{Producto de los diámetros de las poleas conducidas}} = \frac{Da \cdot Dc \cdot De}{Db \cdot Dd \cdot Df}$$

Aplicaciones: lavadoras, ventiladores, lavaplatos, pulidoras, videos, cortadoras de carne, taladros, generadores de electricidad, cortadoras de césped, transmisión en motores, etc.

Ejercicio resuelto

En el tren de poleas de la figura ¿qué velocidad llevará la polea "D" cuándo la polea "A" gira a 1000 r.p.m.?

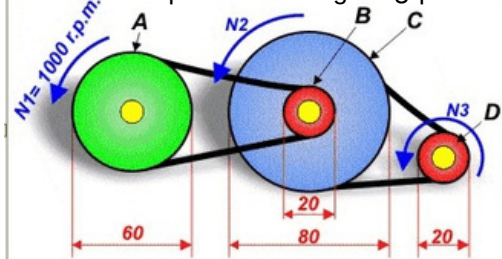


Fig26: Tren poleas

$$i = \frac{N3}{N1} = \frac{60 \times 80}{20 \times 20} = 12$$

$$N3 = N1 \times 12 = 1000 \text{rpm} \times 12 = 12000 \text{rpm}$$

4.2.1.4. Cono de poleas escalonado.-

Mecanismo de transmisión por correa formado por un conjunto de poleas unidas entre sí y ordenadas de mayor a menor diámetro montadas sobre un eje (eje motriz) y enfrentadas a otro grupo de poleas en posición invertida respecto a primero sobre un eje paralelo al primero (eje conducido).

La correa se puede desplazar de un escalón a otro del cono de poleas. Podemos obtener así distintas velocidades en el eje conducido. Se conoce como cambio de marchas o velocidades.

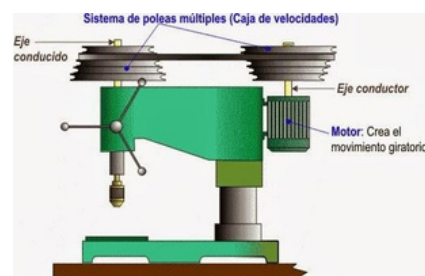
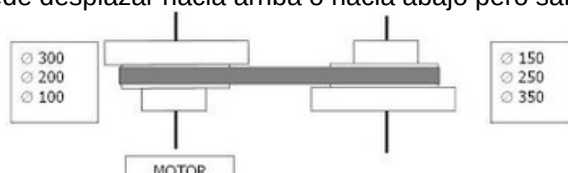


Fig27: Cono de poleas

Ejercicio resuelto: Calcula las velocidades que se pueden obtener en el cono de poleas si el motor gira a 1500 rpm. La correa se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo pero saltando una polea en cada eje.



$\frac{N2}{N1} = 1500 \text{rpm} \times \frac{100}{350} = 428,57 \text{ rpm}$	$\frac{N2}{N1} = 1500 \text{rpm} \times \frac{200}{250} = 1200 \text{ rpm}$	$\frac{N2}{N1} = 1500 \text{rpm} \times \frac{300}{150} = 3000 \text{ rpm}$
---	---	---

4.2.2. Engranajes y sistemas de engranajes.

Son sistemas de ruedas que poseen salientes denominados dientes que encajan entre sí. De ese modo, unas ruedas arrastran a las otras. Por tanto, los engranajes transmiten el movimiento circular entre dos ejes próximos (paralelos, perpendiculares u oblicuos). Los engranajes adoptan distintas formas, pudiendo ser cilíndricos (de dientes rectos o helicoidales), o cónicos. Todos los dientes de los engranajes en contacto han de tener la misma forma y tamaño (para que encajen).

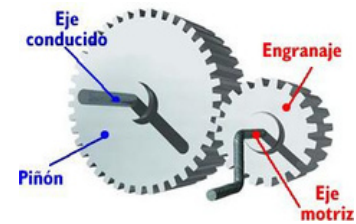


Fig28: Engranajes

4.2.2.1. Tipos de engranajes según su forma




Engranajes cilíndricos		Engranajes cónicos
		
<p>✓ Engranajes rectos: son los más simples, y sirven para transmitir el movimiento entre ejes paralelos.</p>	<p>✓ Engranajes helicoidales: Tienen los dientes inclinados en forma de hélice; y transmiten movimiento entre ejes paralelos o que se cruzan. Suelen ser muy silenciosos.</p>	<p>✓ Engranajes cónicos o troncocónicos: con dientes rectos o helicoidales, transmiten el movimiento entre ejes perpendiculares (formando 90°).</p>

Tabla5: Tipos de Engranajes

Las aplicaciones de los engranajes son múltiples y muy variadas, incluyendo relojes, bicicletas, coches, motocicletas, batidoras, juguetes....

La **relación de transmisión** entre las velocidades de giro depende en este caso del tamaño relativo de los engranajes; y por tanto, de la relación entre el número de dientes.

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde:

Z1 y Z2 son los nº de dientes de la rueda 1 (motriz) y 2 (conducida o piñón), respectivamente.

n1 y n2 son las velocidades de los engranajes motriz y conducido (piñón), respectivamente.

Las velocidades se expresan en **revoluciones por minuto** (rpm).

Al igual que ocurría en el casos de sistemas con ruedas, en los sistemas de engranajes podremos tener sistemas reductores (cuando la velocidad del piñón es menor que la de la motriz), sistemas multiplicadores (cuando la velocidad del piñón es mayor que la de la motriz), o sistemas en los que la velocidad no se modifica.

4.2.2.2. Engranaje o piñón

Muchas veces los engranajes forman sistemas de dos o más engranajes, llamados **trenes de engranajes**; o, formando sistemas de engranajes unidos por una cadena (sistemas engranaje cadena). En un tren de engranajes, el motriz y el conducido giran en sentidos opuestos. Pero, a veces, es necesario que ambos giren en el mismo sentido.

En ese caso, entre el engranaje motriz y el conducido se coloca un tercer piñón, como se ve en la figura. Con eso se consigue que tanto el motriz como el conducido giren en el mismo sentido.

A ese tercer engranaje así colocado se lo llama **engranaje o piñón loco**.

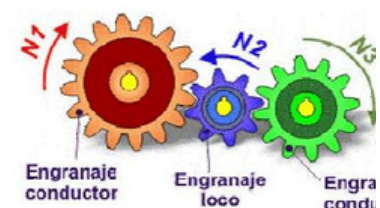


Fig32: Engranajes loco

4.2.2.3. Tren de engranajes

Al igual que en los trenes de poleas, el tren de engranajes se emplea cuando es necesario transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes con una gran reducción o aumento de la velocidad de giro sin tener que recurrir a engranajes excesivamente grandes o pequeños. Un tren de engranajes consiste en un sistema constituido por varias ruedas dentadas dobles unidas en cadena, de tal forma que cada engranaje doble hace de conducido del anterior y de conductor del siguiente.

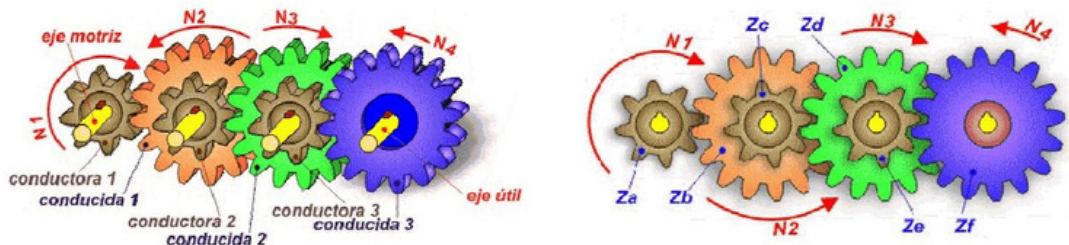


Fig33: Tren de Engranajes

$i = \frac{N4}{N1} = \frac{\text{Producto de n° dientes de engranajes conductores}}{\text{Producto de n° dientes de engranajes conducidos}} = \frac{Za \cdot Zc \cdot Ze}{Zb \cdot Zd \cdot Zf}$
--

Ejercicio resuelto:

En el siguiente tren de engranajes, calcula:

- Relación de transmisión del tren de engranajes (entre 1 y 4)
- Si el engranaje 1 gira a 60 rpm, ¿a qué velocidad girará el engranaje 4?
- ¿A qué velocidad girará el engranaje 2?
- ¿A qué velocidad girará el engranaje 3?

Solución: a)

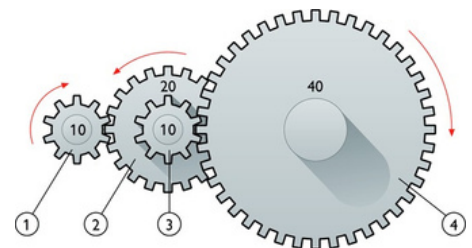


Fig34: Engranajes

$i = \frac{N4}{N1} = \frac{10 \times 10}{20 \times 40} = 0,125$	b) $N4 = 60rpm \times 0,125 = 7,5 rpm$	c) y d) $\frac{N2}{N1} = \frac{10}{20} = 0,5$ $N2 = 60rpm \times 0,5 = 30 rpm$
---	---	--

Aplicaciones: caja de cambio de automóviles, relojería, taladros, tornos, etc. Los trenes de engranajes se usan como reductor de velocidad en la industria (máquinas herramientas, robótica, grúas), en la mayoría de los electrodomésticos (vídeos, programadores de lavadora, máquinas de coser, batidoras, exprimidoras), en automoción (para las cajas de cambio de marchas), y en general, en cualquier máquina que precise transmitir elevadas potencias con reducciones de velocidad importantes.

4.2.3. Transmisión por cadena.

Se trata de un sistema de transmisión entre **ejes situados a cierta distancia**. Cada eje se conecta a una rueda dentada (piñón), y entre ellas se hace pasar una cadena (conjunto de eslabones articulado) que engrana ambas ruedas transmitiendo el movimiento circular por empuje.

Características:

- La transmisión se produce por empuje de la cadena sobre los dientes de las ruedas. Se evitan los resbalamientos. Necesita lubricación porque cuando se desajusta hace ruido.
- Sólo se puede emplear para transmitir movimiento circular entre ejes paralelos.
- La rueda dentada conducida gira en el mismo sentido que la rueda dentada motriz.

Relación de transmisión: Se calcula igual que en los engranajes. Sean N2 la velocidad de giro del eje conducido, y N1 la velocidad de giro del eje motriz, se cumple que: $i = N2 / N1 = Z1 / Z2$, donde Z1 y Z2 son el número de dientes del piñón motriz y conducido, respectivamente.

Aplicaciones: Bicicletas, motos, puertas elevables, puertas de apertura automática (ascensores, supermercados), mecanismos internos de motores, etc.

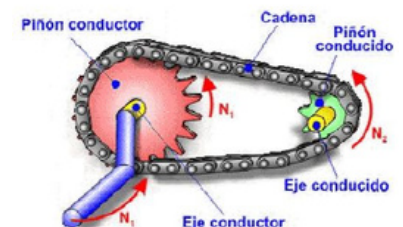


Fig35: Transmisión por cadena

4.2.4. Tornillo Sinfín Corona.

El tornillo sinfín es un mecanismo de transmisión compuesto por 2 elementos: el **tornillo (sinfín)**, que actúa como elemento motriz y la **rueda dentada**, que actúa como elemento de salida y que algunos autores llaman **corona**. La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos **son perpendiculares** entre sí.

Aplicaciones: Se emplea en mecanismos que necesiten una **gran reducción de velocidad** (por cada vuelta del tornillo, la rueda dentada avanza un diente) y un aumento importante de la ganancia mecánica: clavijas de guitarra, reductores de velocidad para motores eléctricos, manivelas para andamios, cuentakilómetros....



Fig36:Sistema tornillo sinfín corona



Fig37:Sistema tornillo sinfín corona

5. Mecanismos de transformación del movimiento.

Los **mecanismos de transformación del movimiento** son aquellos que cambian el tipo de movimiento, de lineal a circular (o a la inversa), o de alternativo a circular (o a la inversa) o de circular a circular alternativo.

5.1. Mecanismos de transformación LINEAL/CIRCULAR.

Puede pasar de un movimiento lineal del conductor a un movimiento circular en el conducido, o al revés, de un movimiento circular del conductor a un movimiento lineal en el conducido.

5.1.1. Conjunto Manivela -Torno.

Una **manivela** es una barra unida a un eje al que hace girar. La fuerza que se necesita para girar este eje es menor que el que haría falta aplicar directamente.

El mecanismo **manivela-torno** consiste en un cilindro horizontal (**tambor**) sobre el que se enrolla (o desenrolla) una cuerda o cable cuando le comunicamos un movimiento giratorio a su eje.

Se cumple esta ecuación: $F \cdot d = R \cdot r$ es decir $F = R \cdot r / d$

Si la relación entre r y d es pequeña el torno permite levantar pesos con poco esfuerzo.

Este mecanismo se emplea para :

- **Obtención de un movimiento lineal a partir de uno giratorio:** en grúas (accionado por un motor eléctrico en vez de una manivela), barcos (para recoger las redes de pesca, izar o arriar velas, llevar anclas...), pozos de agua (elevar el cubo desde el fondo)
- **Obtención de un movimiento giratorio a partir de uno lineal:** en peonzas (trompos), arranque de motores fuera-borda, accionamiento de juguetes sonoros para bebés...

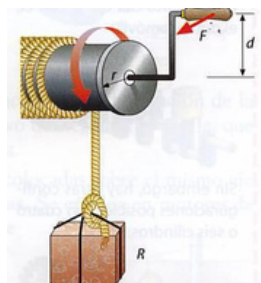


Fig 38: Sistema manivela torno para elevación de cargas.

5.1.2. Piñón-Cremallera.

Este mecanismo está formado por una rueda dentada (**piñón**) que engrana con una barra también dentada llamada **cremallera**.

Este mecanismo permite transformar el movimiento circular del piñón en movimiento rectilíneo en la cremallera (o viceversa). Dicho de otro modo, cuando el **piñón** gira, sus dientes empujan los de la **cremallera**, provocando el desplazamiento lineal de ésta. Si lo que se mueve es la cremallera, sus dientes empujan a los del piñón consiguiendo que éste gire sobre su eje. Es por tanto, un mecanismo **reversible**.

Aplicaciones: Este mecanismo se emplea en el sistema de dirección de los automóviles, columnas de taladradoras, trípodes, sacacorchos, puertas de garajes....

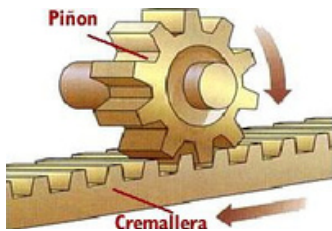


Fig 39: Sistema piñón cremallera.



Fig 40: Sistema dirección automóvil.

Ejercicio resuelto:

Calcular la velocidad de la cremallera si la rueda tiene 8 dientes y gira a 120 rpm. La cremallera tiene 4 dientes por centímetro.

Solución: Nos piden la velocidad de la cremallera, o sea lo que avanza por tiempo.

Vamos a considerar que el tiempo es 1 minuto y por tanto tenemos que saber que avanza en 1 minuto.

En ese minuto, la rueda gira 120 veces y en cada giro, hace desplazarse a la cremallera 8 dientes.

Por tanto tenemos: 1 vuelta => 8 dientes => 120 vueltas equivale a 120 * 8 dientes = 960 dientes

Ya tenemos que en un minuto se avanza 960 dientes de la cremallera. Como cada centímetro hay 4 dientes, los 960 dientes equivalen a

$$\text{Longitud} = \frac{960 \text{ dientes}}{4 \text{ dientes/cm}} = 240 \text{ cm}$$

Como ese avance lo ha hecho en un minuto, tenemos que la velocidad es 240 cm / minuto

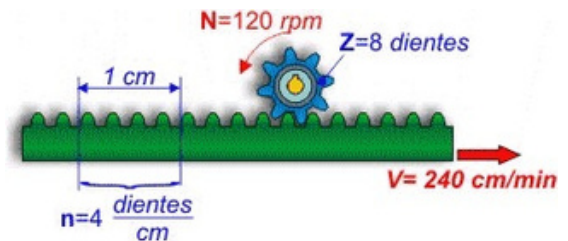


Fig 40: Sistema dirección automóvil.

5.1.3. Tornillo-tuerca.

Mecanismo compuesto por un **eje roscado (husillo)** y una **tuerca** con la misma rosca que el eje. Si se gira la tuerca, ésta se desplaza linealmente sobre el husillo (y viceversa).



Fig 41: Sistema tornillo-tuerca.

Así por ejemplo en el gato de los coches, podemos conseguir un movimiento lineal (perpendicular al suelo) a partir de un movimiento circular (al girar la manivela). Otras **aplicaciones** son las uniones, grifos, compases de rosca, lápiz de labios, pegamento en barra, gatos de coches, sargentos, tornos de banco, ajuste de altura en taburetes, grifos, prensas, tapones de rosca....

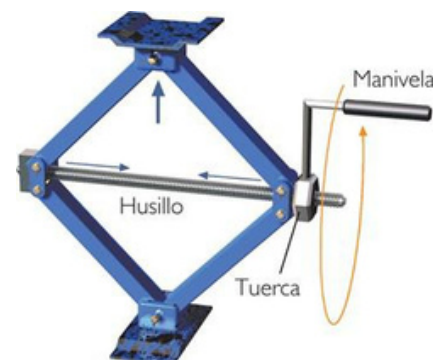


Fig42:
El gato de un coche es un ejemplo del mecanismo husillo-tuerca.

5.2. Mecanismos de transformación CIRCULAR/LINEAL ALTERNATIVO.

Pueden pasar de un movimiento circular del conductor a un movimiento lineal alternativo en el conducido; o al revés, de un movimiento lineal alternativo del conductor a un movimiento circular en el conducido.

5.2.1. Excéntrica y leva.

Una rueda **excéntrica** es una rueda que gira sobre un eje que **no pasa por su centro**.

Estos sistemas se componen de una pieza de contorno especial (**leva**) o de una rueda excéntrica que recibe el movimiento rotativo a través del eje motriz y de un elemento seguidor que está permanentemente en contacto con la leva por la acción de un muelle.

Ambos son mecanismos que permiten convertir un movimiento rotativo en un movimiento lineal; pero no al contrario, por lo que **no es reversible**. De este modo, el giro del eje hace que el contorno de la leva o excéntrica mueva o empuje al seguidor que realizará un recorrido ascendente y descendente (movimiento lineal alternativo).

Aplicaciones: Este tipo de mecanismos se emplea en cerraduras, carretes de pesca, corta-pelos, depiladoras, motores de automóviles, juguetes... etc.

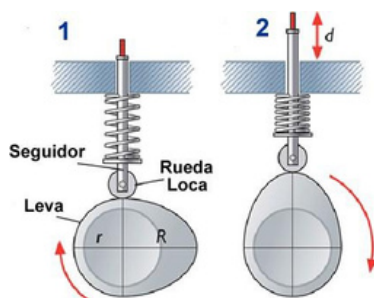


Fig 43: Leva

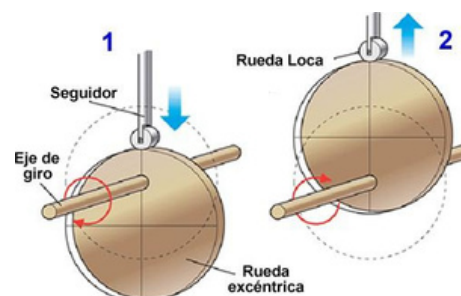


Fig 44: Excéntrica

5.2.2. Biela-Manivela.

Este mecanismo está formado por una **manivela** que tiene un movimiento circular y una barra llamada **biela**. La **biela** está unida con articulaciones por un extremo a la manivela, y por el otro a un **sistema de guiado** (un pistón o émbolo encerrado en unas guías) que describe un movimiento rectilíneo alternativo en ambos sentidos.

Este mecanismo sirve para transformar un movimiento circular en uno lineal o viceversa, ya que **es reversible**.

Aplicaciones: Este mecanismo se empleó en la locomotora de vapor, empleándose en motores de combustión interna, herramientas mecánicas, máquinas de coser....

Ejercicio resuelto:

Queremos que el patín de la figura se desplace en movimiento rectilíneo alternativo entre los puntos B y C. En el punto A se dispone de un eje motriz al que conectaremos la manivela. Calcular las longitudes de la manivela y de la biela que hay que colocar.

Solución: Para resolver los problemas de biela-manivela, tenemos que tener en cuenta que el desplazamiento del patín (que va en el extremo de la biela) se desplaza siempre una distancia igual al doble de la longitud de la manivela.

Como se aprecia en la figura, el desplazamiento del patín entre los puntos B y C debe ser 30 cm, por lo que la longitud de la manivela es $30 / 2 = 15$ cm

Por otro lado, si extendemos el mecanismo al máximo hasta que el patín llegue al punto C, observamos que la distancia desde el punto A al C es de $20 + 30 = 50$ cm, que es lo que tienen que sumar las longitudes de la manivela y de la biela, por lo que la biela de medir $50 - 15 = 35$ cm.

Solución: medida de la manivela = 15 cm medida de la biela = 25 cm



Fig 45: Sistema Biela-Manivela

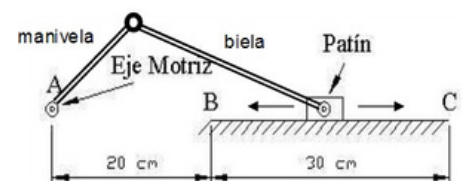


Fig 46: Sistema Biela-Manivela

5.2.3. Cigüeñal.

Se denomina **cigüeñal** al conjunto manivelas asociadas sobre un mismo eje.

La utilidad práctica del cigüeñal es la conversión de un movimiento rotativo continuo en uno lineal alternativo, o viceversa. Para ello se ayuda de bielas (sistema biela-manivela sobre un cigüeñal). Así, en el caso de los motores se colocan una serie de bielas en un mismo eje acodado, donde cada uno de los codos del eje hace las veces de manivela.

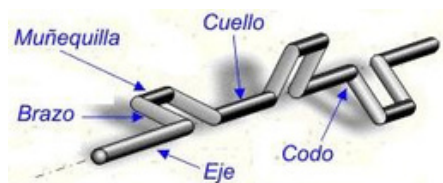


Fig 47: Partes de un cigüeñal

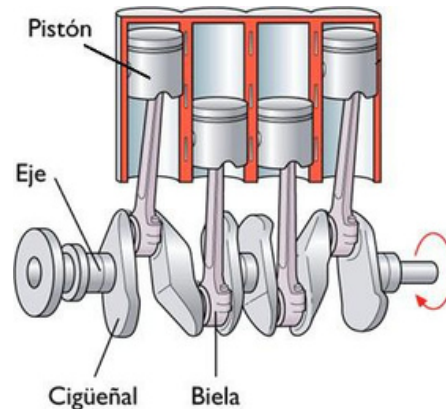


Fig 48: Cigüeñal en un motor de cuatro cilindros.

6. Otros mecanismos

Mecanismos para dirigir movimiento	Permiten el giro en un sentido y lo impiden en sentido contrario.	Trinquetes
Mecanismos para regular el movimiento	Reducen la velocidad del movimiento	Frenos
Mecanismos acumulación de energía	Absorben energía cuando son sometidos a una presión.	Muelles Gomas
Mecanismos de acoplamiento	Permiten el acoplamiento o desacoplamiento de los ejes de transmisión.	Embragues Acoplamientos

6.1. Mecanismos para dirigir el movimiento

El **trinquete** es un dispositivo de seguridad que permite el giro en un sentido y lo impide en el contrario.

Se utiliza en relojería, como elemento tensor de cables de seguridad en máquinas elevadoras, frenos, etc.

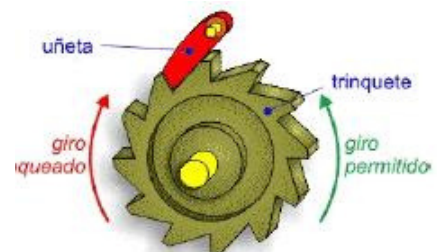


Fig 49: Cigüeñal en un motor de cuatro cilindros.

6.2. Mecanismos para regular el movimiento

Se llama **freno** a todo dispositivo capaz de modificar el estado de movimiento de un sistema mecánico mediante fricción, pudiendo incluso detenerlo completamente, absorbiendo la energía cinética de sus componentes y transformándola en energía térmica.

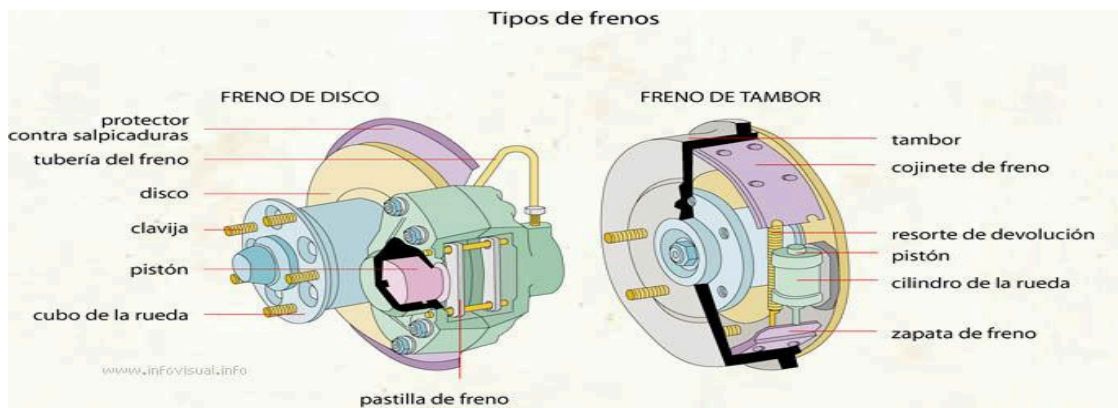


Fig 50 Frenos

6.3. Mecanismos de acumulación de energía



Fig 51 Muelles

Los **muelles** absorben energía cuando son sometidos a cierta presión. Esta energía puede ser liberada más tarde ya sea dosificada en pequeñas cantidades o de golpe. Según el tipo de la fuerza externa que se aplique, los muelles trabajan: a compresión a tracción o a torsión. Son los elementos sobre los que se apoyan los árboles y los ejes de transmisión.

Volante de inercia: Es un elemento totalmente pasivo, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. Consiste en una rueda o un disco, de fundición o de acero, que se monta en un eje o árbol para garantizar un giro regular.

Esta rueda o volante es capaz de **evitar irregularidades en el giro**. La inercia de este volante frena el giro del eje cuando éste tiende a acelerarse y le obliga a girar cuando tiende a detenerse.

6.4. Mecanismos de acoplamiento

Los **embragues** son mecanismos que permiten el acoplamiento y desacoplamiento entre árboles y ejes de transmisión. Se utilizan en motores y máquinas de varias marchas para cambiar la velocidad o la potencia suministrada por el motor.

Los **acoplamientos fijos** se emplean para unir ejes largos enlazados de forma permanente.

Los **acoplamientos móviles** se usan para unir árboles de transmisión que pueden desplazarse a lo largo del eje o que formar un ángulo entre sí.

6.5. Cojinetes y rodamientos

Los **cojinetes** de fricción necesitan ser engrasados para disminuir el rozamiento que se produce en el giro. Tanto los cojinetes como los **rodamientos** se fabrican en materiales muy resistentes al desgaste por rozamiento.

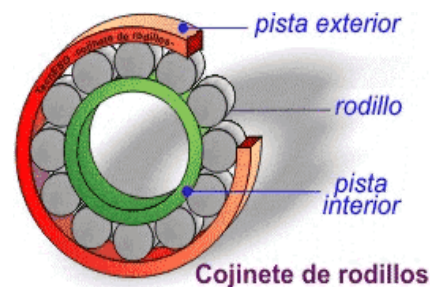


Fig 52 Rodamiento