

## ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y SISTEMAS

### 1.- Mecanismos y sistemas mecánicos

Un **mecanismo** es un *conjunto de elementos, conectados entre sí por medio de articulaciones móviles y cuya misión es:*

- transformar una velocidad en otra velocidad
- transformar una fuerza en otra fuerza
- transformar una trayectoria en otra diferente o
- transformar un tipo de energía en otro tipo distinto.

Según el número de elementos, los mecanismos se pueden clasificar como:

- **Simple**s: si tienen dos elementos de enlace.
- **Complejos**: si tienen más de dos elementos de enlace.

A partir de aquí, definimos **sistema mecánico**

- Un sistema mecánico o máquina es una *combinación de mecanismos que transforma velocidades, trayectorias, fuerzas o energías mediante una serie de transformaciones intermedias.*

Los movimientos que puede describir un elemento de un mecanismo son:

- Movimiento **rectilíneo**: en un único sentido
- Movimiento **alternativo**: o movimiento de vaivén.
- Moviendo **circular** o de rotación

Los mecanismos (y por extensión los sistemas mecánicos) constan de los siguientes elementos básicos:

1. **Sistema motriz o sistema de entrada**: recibe la energía de entrada, la cual será transformada o transmitida. En un automóvil sería el motor.
2. **Sistema transmisor**: medio que permite modificar la energía o el movimiento proporcionado por el sistema motriz. En un automóvil este sistema estaría compuesto por ejes de transmisión, embragues, caja de cambios, ...
3. **Sistema receptor o sistema de salida**: realiza el trabajo con la salida que le proporciona el sistema transmisor, y es el objetivo del sistema mecánico. En un automóvil este sistema estaría compuesto por las ruedas motrices.

Los mecanismos se pueden clasificar en dos grandes grupos diferenciados:

a) **Sistemas de transmisión del movimiento**: En este caso el sistema motriz y el sistema receptor tienen el mismo tipo de movimiento. En base a esto, podemos encontrar dos tipos de sistemas de transmisión:

- o Mecanismos de **transmisión lineal**: movimiento rectilíneos en movimientos rectilíneos (poleas, palancas, etc)

- o Mecanismos de **transmisión circular**: movimientos de rotación en otra rotación (transmisión por correas, con cadenas, engranajes, ...)

b) **Sistemas de transformación del movimiento**: En este caso el sistema motriz y el sistema receptor tienen distinto tipo de movimiento. En base a esto, podemos encontrar dos tipos de sistemas de transformación:

- o Mecanismos que transforman el **movimiento circular en rectilíneo**
- o Mecanismos que transforman el **movimiento circular en alternativo**

### 1.1.- Mecanismos de transmisión del movimiento

#### A. Mecanismos de transmisión lineal

Estos mecanismos “transforman” movimientos rectilíneos en movimientos rectilíneos.

La aplicación fundamental de estos mecanismos reside en la transformación de fuerzas, de manera que la fuerza necesaria para realizar una determinada acción sea menor que la sería precisa si no se utilizase el mecanismo. Destacan la **palanca** y la **polea**.

#### La palanca

Consiste en una barra rígida que se articula en el denominado punto de apoyo (o fulcro), que hace posible que la barra gire.

La fuerza que se debe vencer con la palanca se denomina **Resistencia (R)**, mientras que la fuerza motriz aplicada recibe el nombre de **Potencia (F)**. Las distancias de las líneas de acción de estas dos fuerzas al punto de apoyo se conocen como **brazo de resistencia (b<sub>R</sub>)** y **brazo de potencia (b<sub>F</sub>)**, respectivamente.

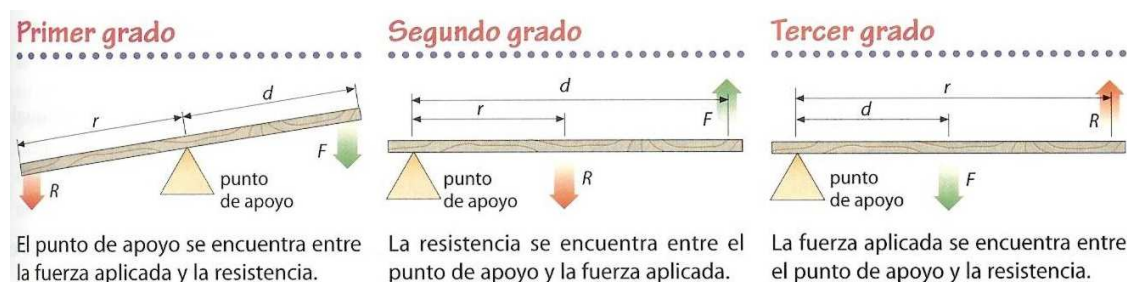
Cuando la palanca está en equilibrio, la expresión que define su comportamiento se denomina **Ley de la Palanca**, que se puede enunciar así:

*La potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo*

$$F \cdot b_F = R \cdot b_R$$

Así, si aumentamos la longitud del brazo de la potencia, la potencia que debemos aplicar para vencer una resistencia será menor (el esfuerzo no será tan grande). Lo mismo sucede si disminuimos la longitud del brazo de la resistencia.

Según la colocación del punto de apoyo, hay tres tipos o géneros de palanca





El efecto de la fuerza aplicada puede verse aumentado o disminuido.

El efecto de la fuerza aplicada siempre se ve aumentado ( $d > r$ ).

El efecto de la fuerza aplicada siempre se ve disminuido ( $d < r$ ).

**NOTA:** Hemos catalogado la palanca dentro de los mecanismos que transforman movimientos rectilíneos en otros también rectilíneos (transmisión lineal), aunque en realidad los movimientos de las palancas son curvilíneos. Esto se hace así porque en general el ángulo girado por la palanca es pequeño y en estos casos se puede considerar que el desplazamiento es aproximadamente rectilíneo.

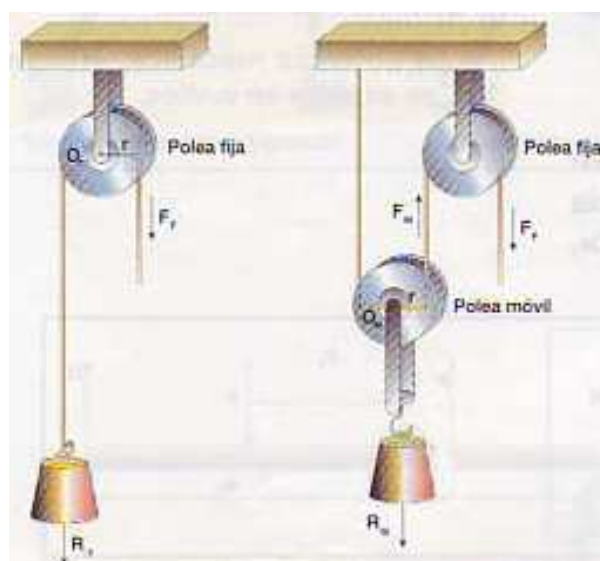
### La polea

La polea es un disco que puede girar alrededor de su eje y que dispone en el borde de una acanaladura por la que se hace pasar una cuerda, un cable o una correa.

La función que desempeña una polea fija es modificar la dirección de la fuerza aplicada.

Las poleas pueden ser:

- **Fijas:** si su eje de rotación permanece fijo.
- **Móviles:** si su eje de rotación se puede desplazar de forma lineal.



- **Polea fija:** En este caso, los valores de la potencia y la resistencia son iguales.

$$F_F = R_M$$

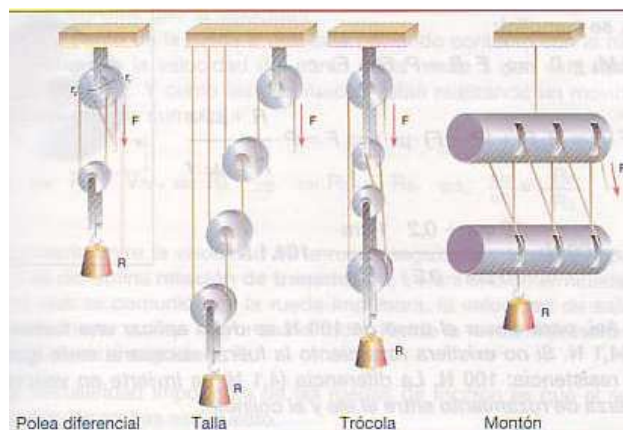
- **Polea móvil:** En este caso la potencia que es necesario aplicar es igual a la mitad de la resistencia que se trata de vencer.

$$F = \frac{R_M}{2}$$

En el caso general de un mecanismo constituido por n poleas móviles, la potencia F necesaria para vencer una resistencia R viene dada por la expresión:

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

Además, en este caso, la distancia recorrida por la resistencia es  $2^n$  veces menor que la que recorre la potencia.



Diferentes modelos de poleas móviles múltiple.

## B. Mecanismos de transmisión circular

Estos mecanismos “transforman” movimientos de rotación en otros movimientos de rotación.

La principal utilidad de este tipo de mecanismos radica en poder aumentar o reducir la velocidad de giro de un eje tanto cuanto se desee. Por ejemplo: el motor de una lavadora gira a alta velocidad, pero la velocidad del tambor que contiene la ropa, gira a menor velocidad. Es necesario, pues, este tipo de mecanismo.

Para desempeñar su misión, las máquinas disponen de partes móviles encargadas de transmitir la energía y el movimiento de las máquinas motrices a otros elementos. Estas partes móviles son **los elementos transmisores**, que pueden ser **directos** e **indirectos**.

Elementos transmisores directos:

- Árboles y ejes
- Ruedas de fricción
- Engranajes

- Tornillo sinfín

Elementos transmisores indirectos:

- Poleas con correa
- Cadenas

### Árboles y ejes

Un **eje** es un *elemento, normalmente cilíndrico, que gira sobre sí mismo y sirve para sostener diferentes piezas.*

Atendiendo a la forma de trabajo, los ejes pueden ser:

- **Ejes fijos:** Permiten el giro de los elementos mecánicos situados sobre ellos, pero no giran solidariamente con ellos, es decir, los elementos mecánicos giran libremente sobre ellos.
- **Ejes giratorios:** pueden girar solidariamente con algunos de los elementos situados sobre ellos.

Un **árbol** es un *elemento de una máquina, cilíndrico o no, sobre el que se montan diferentes piezas mecánicas, por ejemplo, un conjunto de engranajes o poleas, a los que se transmite potencia. Pueden adoptar diferentes formas (rectos, acodados, flexibles,...). Los árboles (también llamados **árboles de transmisión**) giran siempre junto con los órganos soportados.*

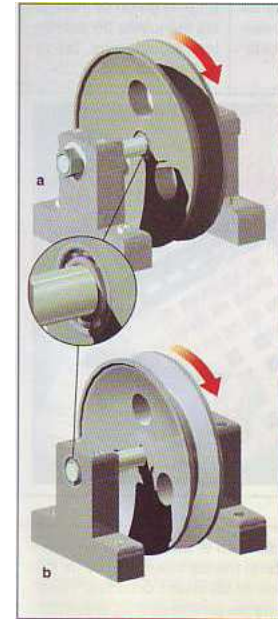
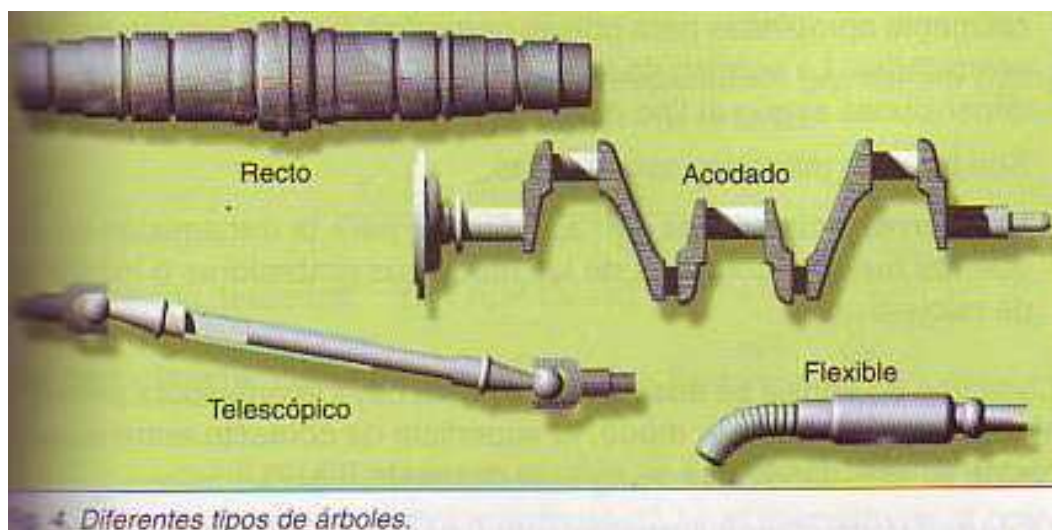


Fig. 2. Tipos de ejes: a) fijo; b) giratorio.

Como consecuencia de su función, están sometidos fundamentalmente a esfuerzos de torsión y flexión.

La diferencia esencial entre los ejes y los árboles es la siguiente: los **primeros** son elementos que **sustentan** (sostienen o soportan) los órganos giratorios de las máquinas y no transmiten potencia (se dice que no están sometidos a esfuerzos de torsión), mientras que los **árboles** son elementos que transmiten potencia y sí están sometidos a esfuerzos de torsión.



4. Diferentes tipos de árboles.



Aparentemente, los ejes tienen un diámetro menor que los árboles, pues éstos están sometidos a esfuerzos mayores.

### Ruedas de fricción

Son elementos de máquinas que *transmiten un movimiento circular entre dos árboles de transmisión gracias a la fuerza de rozamiento entre dos ruedas que se encuentran en contacto directo*. A este tipo de transmisión también se le conoce como **transmisión por fricción**.

Estas ruedas presentan una serie de características:

- Los materiales que se utilizan tienen un alto coeficiente de rozamiento para evitar que las ruedas resbalen entre sí.
- Normalmente estas ruedas de fricción se emplean en árboles de transmisión muy cercanos y cuando la potencia que hay que transmitir es pequeña.
- Este tipo de transmisión tiene la ventaja de que es muy fácil de fabricar, no necesita apenas mantenimiento y no produce ruidos

Clasificación:

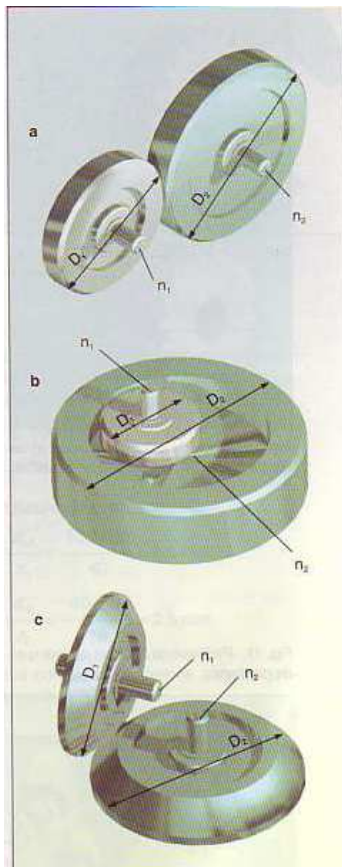


Fig. 9. Ruedas de fricción: a) exteriores; b) interiores; c) troncocónicas.

- Ruedas de **fricción exteriores**: Tienen forma cilíndrica. En ellas, el contacto se produce entre sus superficies exteriores. Estas ruedas giran en sentido inverso una de la otra.
- Ruedas de **fricción interiores**: también de forma cilíndrica, el contacto se produce entre la superficie interior de la rueda mayor y la exterior de la rueda menor. Ambas giran en el mismo sentido.
- Ruedas de **fricción troncocónicas**: Tienen forma de tronco de cono y el contacto se produce entre sus superficies laterales. Se utilizan cuando los árboles de transmisión no son paralelos. Como en el caso de las ruedas exteriores, también producen la inversión de giro

### Relación de transmisión

Es la relación de velocidades entre la rueda conducida (o **receptor**) y la rueda conductora (o **motriz**), o lo que es lo mismo, entre la rueda de salida y la rueda de entrada.

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde

- $n_1$  : es la velocidad de la rueda motriz
- $n_2$  : es la velocidad de la rueda conducida
- $i$  : es la relación de transmisión

Veamos cómo se halla la relación de transmisión para cada uno de los tipos de ruedas de fricción

**Ruedas de fricción exteriores**

La relación de transmisión es:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Siendo

- $D_1$  : el diámetro de la rueda motriz
- $D_2$  : el diámetro de la rueda conducida

**Ruedas de fricción interiores**

La relación de transmisión es igual al caso anterior

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

**Ruedas de fricción troncocónicas**

La relación de transmisión es

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1 \cdot \text{sen } \beta}{D_2 \cdot \text{sen } \alpha}$$

Siendo:

- $\beta$  el ángulo que forma eje de la rueda motriz la línea PA (ver figura)
- $\alpha$  el ángulo que forma el eje de la rueda conducida con la línea PA (ver figura)



Figura 12.12. Ruedas de fricción formando un ángulo superior al de 90°.

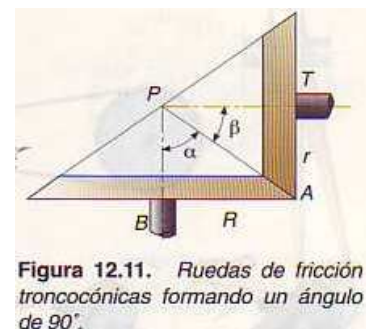


Figura 12.11. Ruedas de fricción troncocónicas formando un ángulo de 90°.

## Engranajes

Se conoce con el nombre de tren de engranajes al *conjunto de dos o más ruedas dentadas que tienen en contacto sus dientes de forma que, cuando gira una, giran las demás*. Es un sistema de transmisión circular directo.

Son el medio de transmisión de potencia más utilizado.

Tienen las siguientes ventajas:

- las ruedas no pueden resbalar una con respecto a la otra.
- Transmiten grandes esfuerzos
- La relación de transmisión se conserva siempre constante.

Al engranaje que transmite el movimiento se le denomina **piñón**, y al que lo recibe, **rueda**.

Usando engranajes se puede transmitir el movimiento de dos modos, según como se dispongan los ejes:

Entre **ejes paralelos**, que pueden ser:

- Engranajes entre dientes rectos.
- Engranajes entre dientes helicoidales.
- Engranajes entre dientes en V

Entre **ejes perpendiculares**, que pueden ser

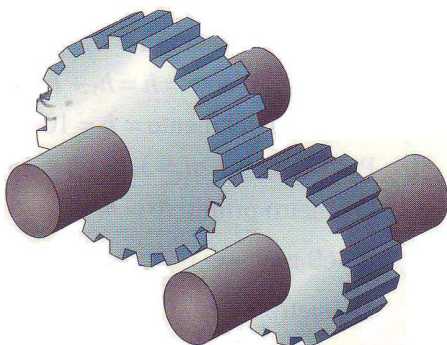
- Transmisión entre ejes que se cortan.
- Transmisión entre ejes que se cruzan

### Transmisión entre ejes paralelos

Se utiliza para la *transmisión entre ejes (o árboles) con poca separación*, siendo la forma de los piñones o ruedas dentadas, cilíndrica.

Normalmente el tallado de los dientes es sobre la superficie exterior de la rueda, aunque también puede ser interior. Veamos los subtipos:

#### **Dientes Rectos**



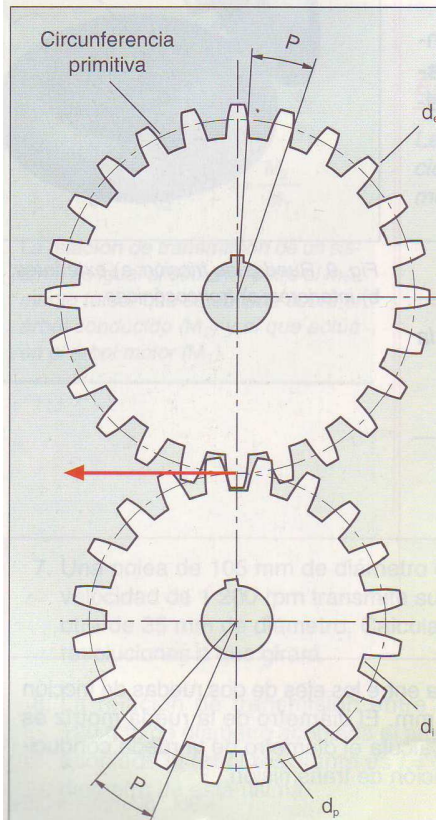
Son los más *sencillos de fabricar* y se utilizan en máquinas para *transmitir pequeños esfuerzos*. Se emplea en maquinaria que utilice ejes cuya *velocidad no es muy elevada*, ya que es un sistema ruidoso y causa vibración. Además de producir mucho ruido, tiene el inconveniente de *transmitir el esfuerzo sólo sobre el diente que está engranado*.

Para caracterizar una rueda dentada con dientes rectos, es necesario definir una serie de parámetros básicos que

son:



Fig. 11. Parámetros básicos de una rueda dentada.



- **Diámetro primitivo ( $d_p$ ):** es el correspondiente a la denominada circunferencia primitiva. Dicha circunferencia es la que tendría una rueda de fricción con la misma relación de transmisión. Por eso, cuando dos ruedas dentadas engranan, sus circunferencias primitivas son tangentes entre sí.
- **Diámetro exterior ( $d_e$ ):** es el correspondiente a la circunferencia que limita exteriormente los dientes.
- **Diámetro interior ( $d_i$ ):** es el que corresponde a la circunferencia que limita interiormente los dientes.
- **Módulo ( $m$ ):** es el cociente entre el diámetro primitivo  $d_p$  y el número de diente  $z$  que posee la rueda

$$m = \frac{d_p}{z}$$

Esta magnitud se mide en mm, normalmente.

- **Paso circular ( $p$ ):** es el arco de la circunferencia primitiva limitado entre dos flancos homólogos de dos dientes consecutivos. El paso se puede obtener dividiendo la longitud de la circunferencia primitiva  $L_p$  entre el número de dientes

$$p = \frac{L_p}{z}$$

La relación entre el módulo  $m$  y el paso  $p$  de una rueda vendrá dado por la siguiente expresión.

$$p = \frac{L_p}{z} = \frac{\pi \cdot d_p}{z} = \pi \cdot m$$

### Dientes helicoidales



Tienen la particularidad de que *varios dientes están engranados a la vez*. Esto da lugar a que el esfuerzo de flexión se reparta entre ellos durante la transmisión, lo que hace que las *posibilidades de rotura sean menores*. Además, así se disminuye el ruido durante el funcionamiento.

El único inconveniente es que *al estar inclinados los dientes se produce una fuerza axial* (en el sentido de los ejes) *sobre los cojinetes de apoyo del eje*.

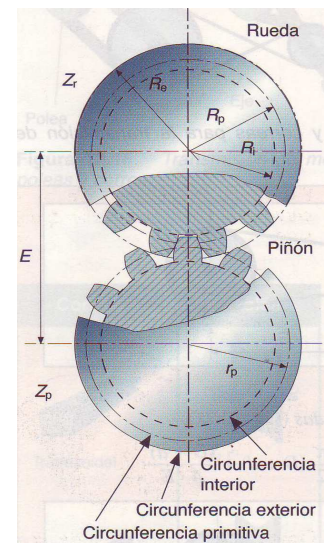
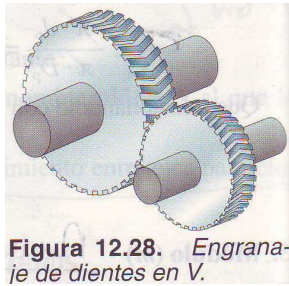


Figura 12.22. Engranaje de dientes rectos.

### Dientes en V



Estos engranajes conservan las ventajas de los anteriores con un diseño que contrarresta las fuerzas axiales.

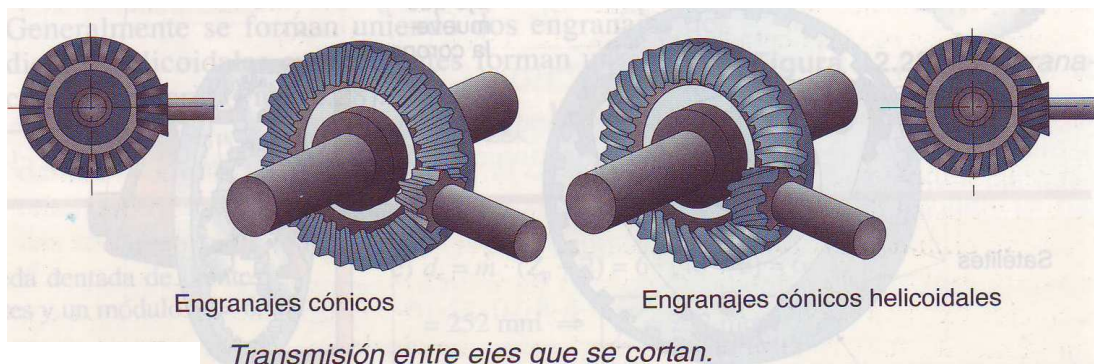
### Transmisión entre ejes perpendiculares

#### Transmisión entre ejes que se cortan

Los engranajes suelen ser:

- De dientes rectos: engranajes cónicos.
- De dientes helicoidales: engranajes cónicos helicoidales.

Ambos tipos tienen las superficies primitivas troncocónicas. Esta transmisión *permite transferir esfuerzos importantes pero, al mismo tiempo, se generan grandes fuerzas axiales.*



#### Transmisión entre ejes que se cruzan

Existen dos formas básicas

Tornillo sinfín y rueda cóncava: Tiene la ventaja de que *solamente se puede transmitir el movimiento del tornillo a la rueda cóncava (corona) y nunca al revés*, lo que permite que se pueda utilizar en aplicaciones en las que una vez que el motor se ha parado, no sea arrastrado por el propio peso.

Permite la *transmisión de esfuerzos muy grandes* y a la vez tiene una relación de transmisión muy baja.

El mecanismo consta de una rueda conducida dentada, y un tornillo, que es la rueda motriz.

Ejemplo de ello pueden ser los tornos para sacar agua o subir materiales, ascensores, etc.

La relación de transmisión es

$$i = \frac{1}{Z}$$

Donde Z es el número de dientes de la rueda conducida.

### Engranajes helicoidales

Relación de transmisión: Llamamos  $Z_1$  al número de dientes del engranaje de entrada o engranaje motriz,  $Z_2$  al número de dientes del engranaje de salida o engranaje conducido. La relación de transmisión será...

$$i = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

En definitiva, la relación de transmisión es igual al cociente entre el número de dientes de la rueda motriz y el número de dientes de la rueda conducida.

La relación de transmisión también se puede hallar en función del diámetro primitivo de las ruedas. Llamamos  $d_{p1}$  al diámetro primitivo de la rueda de entrada y  $d_{p2}$  al diámetro primitivo de la rueda de salida.

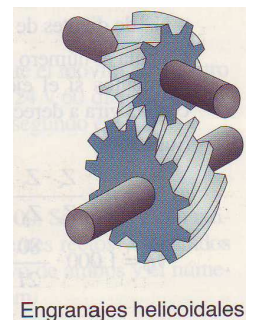
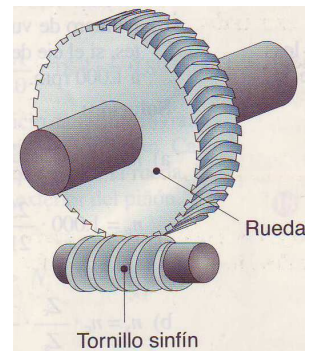
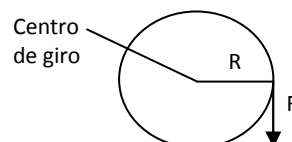
$$i = \frac{V_2}{V_1} = \frac{d_{p1}}{d_{p2}}$$

O dicho de otro modo, la relación de transmisión es igual al cociente entre el diámetro primitivo de la rueda conducida y el diámetro primitivo de la rueda motriz.

**NOTA:** Para que dos engranajes puedan engranar entre sí es necesario que tengan el mismo módulo.

### Momentos torsores

Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo capaz de girar sobre un eje, produce un movimiento de rotación o giro. La magnitud que mide la intensidad del giro se denomina **momento torsor** (es algo así como la intensidad o potencia del empuje que hace girar el cuerpo).



Si la fuerza  $F$  que actúa es perpendicular al radio de giro  $R$  en el punto donde se ejerce, el **momento torsor,  $M$** , se calcula como el producto de ambas magnitudes

$$M = F \cdot R$$

Cuanto mayor sea la fuerza ejercida o la distancia al eje de giro, mayor será el momento torsor transmitido.

**NOTA:** Al momento torsor también se le denomina *par de fuerzas* o **par motor**.

La relación de transmisión es igual al cociente entre el momento torsor que resulta en la rueda motriz ( $M_1$ ) y el que se aplica en la rueda conducida ( $M_2$ ).

En consecuencia, la relación de transmisión se puede poner también como.

$$i = \frac{M_1}{M_2}$$

y una vez más, ocurre lo mismo que en los otros sistemas de transmisión...

- si deseamos mayor momento torsor, utilizaremos un sistema reductor
- si queremos desarrollar mayor velocidad, utilizaremos un sistema multiplicador, pero desarrollamos un momento torsor menor.

### Tren compuesto de engranajes

Si disponemos dos o más árboles provistos de diversas ruedas dentadas de modo que al menos dos de ellas giran solidariamente sobre el mismo árbol, obtenemos un tren compuesto de engranajes.

El tren compuesto que aparece en la figura está formado por dos engranajes simples, el formado por las ruedas 1 y 2, y el que forman las ruedas 3 y 4.

Suponiendo el árbol  $M$  como el árbol motriz. Sobre él va montada la rueda 1, que actúa como conductora de la rueda 2.

El árbol  $I$  es un árbol intermedio. Sobre él se monta la rueda 2 –conducida–, que recibe el movimiento de la 1, y la rueda 3, que actúa de conductora y transmite el movimiento a la rueda 4.

El árbol  $R$  es el árbol resistente.

La rueda 4 –conducida– recibe el movimiento que transmite la rueda 3.

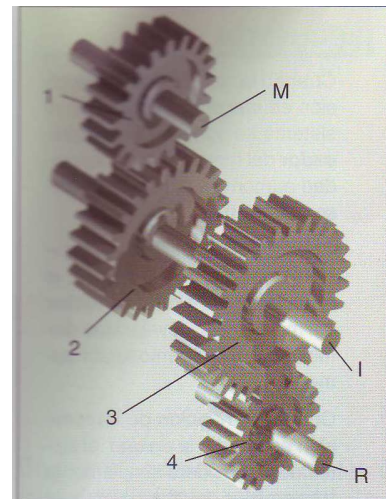


Fig. 14. Tren compuesto de engranajes.

El cálculo de la relación de transmisión es idéntico al del sistema de poleas compuesto.

$$i_T = i_{1-2} \cdot i_{3-4} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{n_4}{n_1}, \text{ donde } i_T \text{ es la relación de transmisión total.}$$



### Caja de velocidades

Cuando las ruedas dentadas pueden desplazarse a lo largo de los ejes para formar diferentes engranajes simples, se consigue que varíe la velocidad final en el árbol de salida manteniendo constante la velocidad del árbol motor.

Este dispositivo se conoce con el nombre de caja de velocidades y se utiliza en vehículos y máquinas de herramientas.

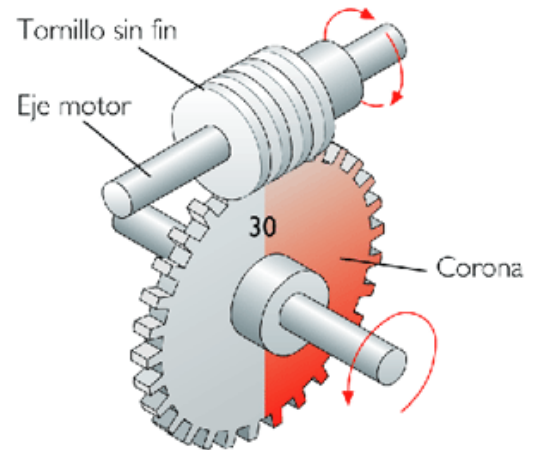
### **Tornillo sin fin**

Es una pieza cilíndrica que dispone de uno o varios filetes arrollados de forma helicoidal.

Se suele utilizar dentro el conjunto tornillo sin fin – corona.

La corona es una rueda dentada de dientes helicoidales cuyo ángulo de inclinación coincide con el de los filetes del tornillo sin fin.

Transmite el movimiento de rotación entre dos ejes perpendiculares, de manera que el tornillo sin fin actúa siempre como elemento motor y la corona, como elemento conducido.



Se consigue una drástica reducción del movimiento y como consecuencia un notable aumento del momento resultante.

### **Junta Cardan**

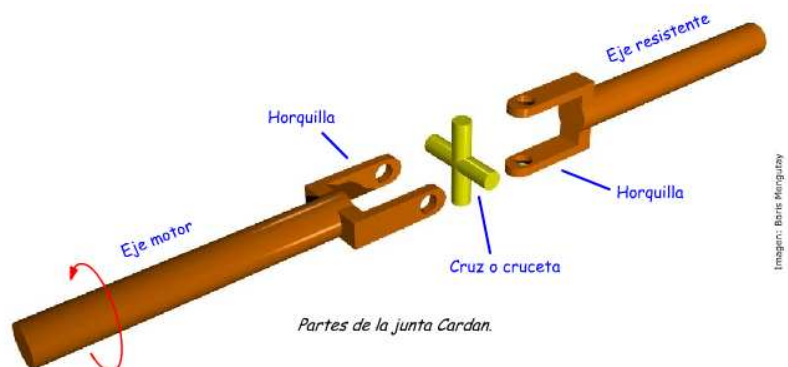
Se usa para transmitir un movimiento de rotación entre dos ejes que pueden estar alineados o formando un ángulo entre ellos.

Permite transmitir el giro entre dos ejes que no son paralelos y cuya orientación relativa puede cambiar a lo largo del movimiento.

Si se pretende comunicar el giro entre dos ejes que formen un ángulo relativamente grande (mayor que  $20^\circ$ ), se utilizan dos juntas en serie.

Consta de una cruz formada por dos brazos perpendiculares. En cada uno de los brazos se articula una horquilla fija en los extremos de cada eje. La cruz puede moverse en las uniones con las horquillas.

La velocidad de giro de ambos ejes es la misma, por lo que la relación de transmisión es 1.



## Poleas con correa

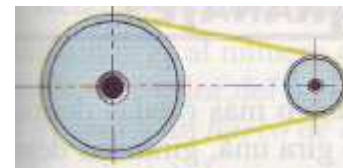
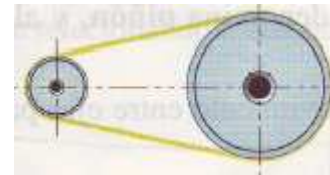
Este tipo de transmisión está basado en la polea, y se utiliza cuando la distancia entre los dos ejes de rotación es grande. El mecanismo consiste en dos poleas que están unidas por una misma correa o por un mismo cable, y su objetivo es transmitir el movimiento del eje de una de las poleas al de la otra.

Ambas poleas giran solidarias al eje y arrastran a la correa por adherencia entre ambas. La correa, a su vez, arrastra y hace girar la otra polea (polea conducida o de salida), transmitiéndose así el movimiento.

Al igual que en el caso de las ruedas de fricción, el número de revoluciones (o vueltas) de cada eje vendrá dado por el tamaño de las poleas, de modo que, **la polea mayor girará a una velocidad más baja que la polea menor.**

Basándonos en esta idea, podemos encontrar dos casos básicos:

- La polea de salida (conducida) gira a menor velocidad que la polea de entrada (motriz). Este es un sistema de poleas reductor de velocidad.
- La polea de salida gira a mayor velocidad que la polea de entrada. Este es un sistema de poleas multiplicador de velocidad.



La relación de transmisión entre ambas poleas se define de modo similar al sistema de ruedas de fricción.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$n_2$  es la velocidad de la rueda conducida

$n_1$  es la velocidad de la rueda motriz

$D_1$  : el diámetro de la rueda motriz

$D_2$  : el diámetro de la rueda conducida

**NOTA:** Fíjate que si el sistema de poleas es reductor, la cifra del numerador es más pequeña que la cifra del denominador y si el sistema es multiplicador, la cifra del numerador es mayor que la del denominador.

Ejemplo:

$$i = \frac{1}{10}$$

Si esta es la relación de transmisión del sistema de poleas, nos encontramos ante un **reductor** de velocidad. En este caso, por cada vuelta que gire la polea conducida, la polea motriz girará diez vueltas. En este caso  $i < 1$

$$i = \frac{10}{1}$$

Si esta es la relación de transmisión del sistema de poleas, nos encontramos ante un **multiplicador** de velocidad. En este caso, por cada diez vueltas que gire la polea conducida, la polea motriz girará una vuelta. En este caso  $i > 1$



**NOTA:** Todos estos conceptos se aplican también para las ruedas de fricción.

El momento torsor y la velocidad transmitidos por un sistema de poleas están estrechamente relacionados con el valor de la relación de transmisión del sistema.

En este caso

$$i = \frac{M_1}{M_2}$$

Siendo

$M_1$  el momento torsor de la polea motriz o polea de entrada

$M_2$  el momento torsor de la polea conducida o polea de salida

Se puede observar que

1. Si  $i < 1$  (reductor),  $M_2 > M_1$ . En este caso, la velocidad de la rueda conducida es menor que la de la polea motriz, pero el momento torsor resultante es mayor.
2. Si  $i > 1$  (multiplicador),  $M_2 < M_1$ . En este caso, la velocidad de la rueda conducida es mayor que la de la polea motriz, pero el momento torsor resultante es menor.

Por lo tanto,

- Si deseamos **mayor momento torsor**, utilizaremos un sistema **reductor**.
- Si deseamos desarrollar **mayor velocidad**, utilizaremos un sistema **multiplicador**, pero desarrolla un **momento torsor menor**.

## 1.2.- Mecanismos de transformación del movimiento

Los mecanismos que hemos considerado hasta ahora no modifican el tipo de movimiento; es decir, "transforman" movimientos rectilíneos en movimientos rectilíneos, o movimientos de rotación en otros movimientos de rotación.

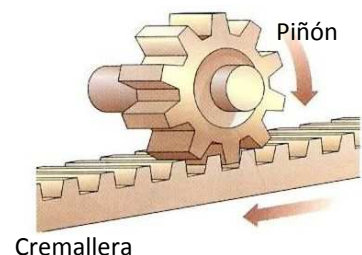
Sin embargo, en los mecanismos que vamos a describir en este apartado el movimiento de entrada es diferente al movimiento de salida.

### 1.2.1.-Mecanismos que transforman movimientos de rotación en movimientos rectilíneos.

#### Piñón-cremallera

Este sistema *transforma el movimiento circular en rectilíneo por medio de dos elementos dentados*: Un piñón que gira sobre su propio eje y una barra dentada denominada cremallera. Los dientes pueden ser rectos o helicoidales.

Tiene diferentes aplicaciones:



**Taladradora de columna:** El conjunto piñón-cremallera lo componen la manivela de mando, que lleva en un extremo un piñón, y el eje portabrocas, que lleva tallada la cremallera.

Al girar la manivela, el eje portabrocas avanza en sentido rectilíneo.

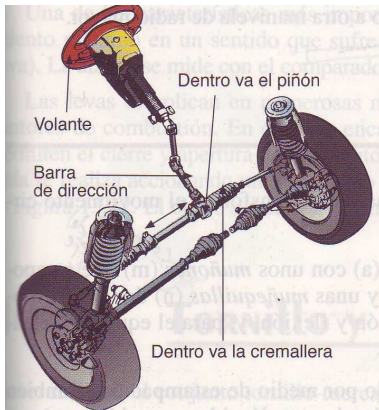


Figura 13.15. Caja de dirección de un automóvil (esquema).

**Caja de dirección de un automóvil:** El piñón está solidario a la barra de dirección y al volante, y los extremos de la cremallera se encargan de orientar las ruedas.

La cremallera puede considerarse como una rueda dentada de radio infinito, cuyo módulo debe coincidir con el del piñón.

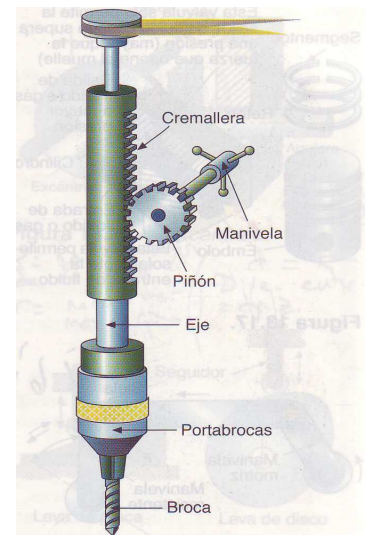


Figura 13.14. Piñón-cremallera de una taladradora de columna.

## Tornillo y tuerca

Este sistema sirve como elemento de unión entre dos o más piezas. Pero, además posee unas características que le permiten que se pueda utilizar para transmitir el movimiento. Se compone de una varilla roscada y una pieza con un agujero roscado.

Al girar la varilla, permaneciendo fija la tuerca, hace que esta última se desplace en sentido longitudinal del eje, con lo que se consigue transformar un movimiento circular uniforme en otro lineal.

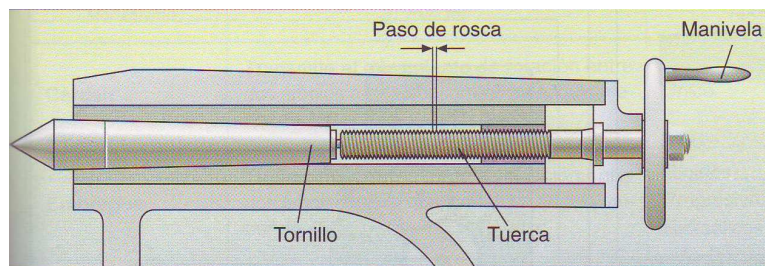


Fig. 13. Esquema del funcionamiento de la manivela con tornillo y tuerca.

## 1.2.2.- Mecanismos que transforman movimientos de rotación en movimientos alternativos.

### Mecanismo biela-manivela

Este mecanismo consta de dos piezas básicas articuladas entre sí y de las que recibe el nombre: la **manivela** y la **biela**

La **manivela** OB es una pieza que gira alrededor de un punto O y describe un movimiento circular.

La **biela** AB es una pieza rígida acoplada a la manivela en el punto B. este extremo, denominado cabeza de la biela, sigue el mismo movimiento circular que la manivela, mientras el otro extremo A, denominado pie de biela, describe un movimiento alternativo o de vaivén. Las bielas constan de tres partes

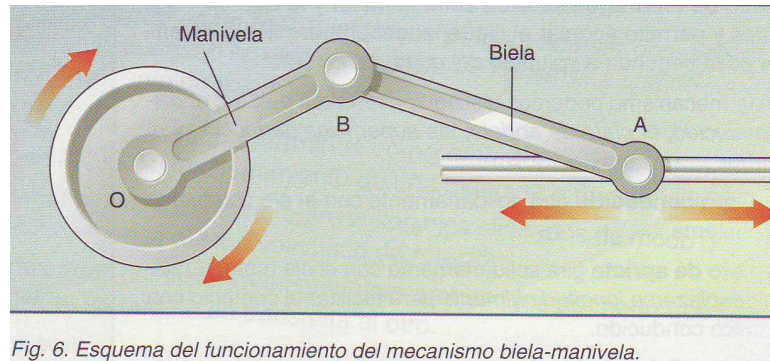


Fig. 6. Esquema del funcionamiento del mecanismo biela-manivela.

Habitualmente, la manivela actúa como elemento motriz y la biela, como elemento conducido. De este modo podemos *transformar movimientos circulares en movimientos alternativos*.

### Cigüeñal y biela

El cigüeñal es un elemento que, junto a la biela, *transforma el movimiento circular en alternativo o viceversa*.

Consiste en un árbol acodado (a) con unos muñones (m) y unas muñequillas (n) donde se colocan las bielas. Sobre cada una de las muñequillas se inserta la cabeza de una de las bielas por medio de una pieza llamada sombrerete.

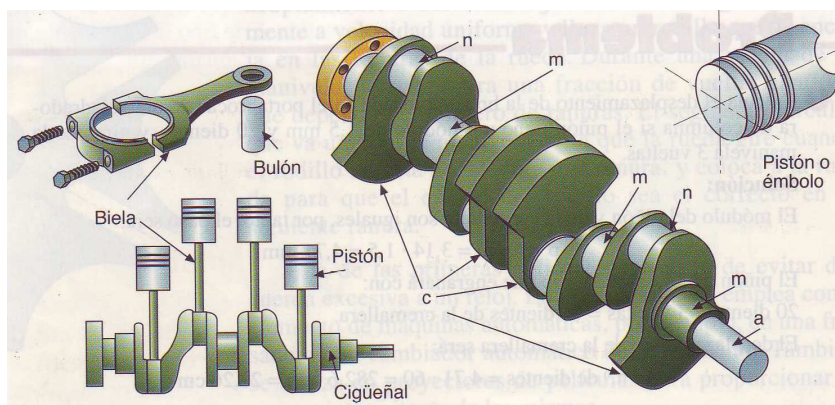


Figura 13.19. Cigüeñal y su forma de trabajo en un motor de combustión interna.

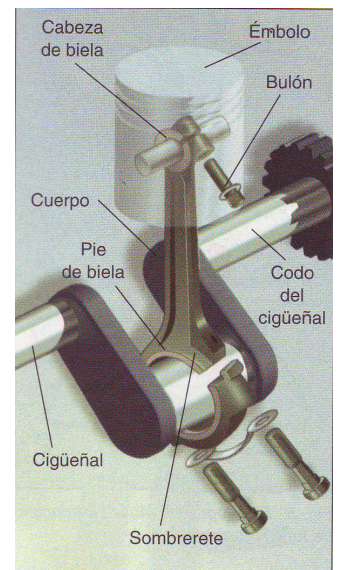


Fig. 7. Esquema del funcionamiento del mecanismo biela-cigüeñal en un motor de combustión.

En este caso, la biela actúa como elemento motriz y el cigüeñal como elemento conducido. El otro extremo de la biela, denominado pie de biela, está unido al llamado émbolo, que realiza un movimiento alternativo. El émbolo y el pie de la biela están unido por una pieza denominada bulón.



## Émbolo

El émbolo o pistón es un elemento móvil de forma cilíndrica que se desplaza en el interior de un cilindro.

El conjunto émbolo-biela-cigüeñal son básicos en los motores de combustión interna y en otras máquinas.

## Leva y excéntrica

La **leva** es un disco de forma irregular sobre el que se apoya un elemento móvil denominado varilla, seguidor o vástago. Ambos elementos deben estar permanentemente en contacto.

Cuando el disco gira, su movimiento circular se transforma en movimiento alternativo de la varilla, el que se intercalan períodos de reposo. La diferencia entre el punto más alto del recorrido del vástago y el más bajo recibe el nombre de carrera de la leva. El perfil del disco determina el tipo de movimiento de la leva.

La **excéntrica** consiste básicamente en una pieza de forma geométrica diversa en la que el eje de giro no coincide con su eje geométrico. La distancia entre ambos ejes se denomina excentricidad.

Cuando se sitúa una pieza rectilínea llamada vástago en contacto con la excéntrica, el movimiento circular de ésta se convierte en movimiento alternativo del vástago. La excéntrica más sencilla que se puede encontrar tiene forma de disco circular.

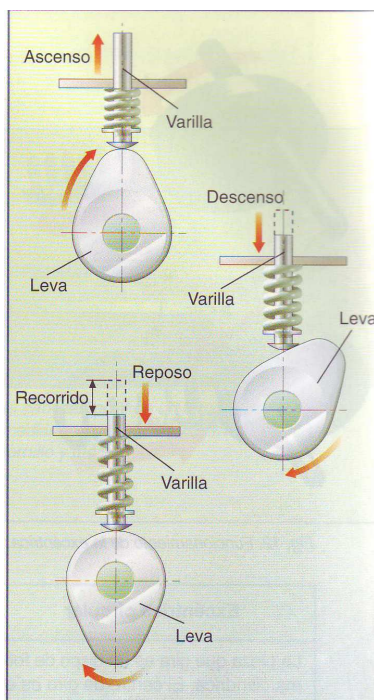
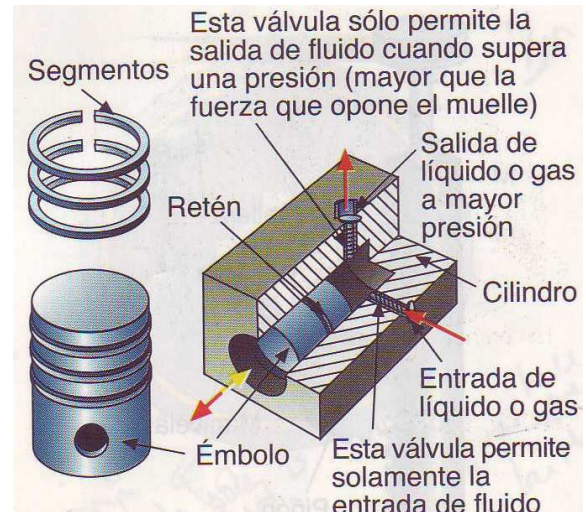


Fig. 11. Esquema del funcionamiento de la leva.

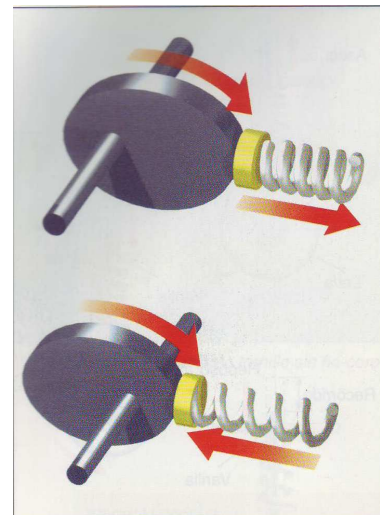


Fig. 12. Funcionamiento de la excéntrica.

### 1.3.- Otros elementos de máquinas

#### 1.3.1.- Embragues

Es un elemento de máquinas que se encarga de transmitir, a voluntad del operario, el movimiento entre dos ejes alineados. Uno de ellos recibe el movimiento del motor (eje motriz), y el otro acoplado al eje de salida (eje conducido o resistente), que transmite el movimiento a los demás órganos. Cuando el embrague produce la transmisión entre ambos ejes, se dice que está en la posición de embragado. Por el contrario, si no se transmite el movimiento entre los ejes (cada eje puede girar a distinta velocidad), se dice que está en la posición desembragado.

Los embragues pueden ser de tres tipos:

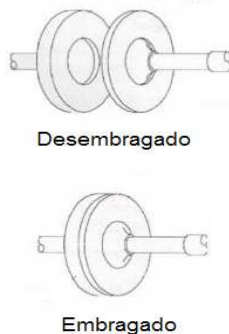
1. Embrague de dientes
2. Embrague de fricción
3. Embrague hidráulico

#### Embrague de dientes

En este tipo de engranajes, *los árboles que se van a acoplar llevan en sus extremos dos piezas dentadas que encajan una en la otra.*

Para poder embragar y desembragar, es necesario que ambos árboles estén parados, ya que, si se intentan acoplar en movimiento, puede producirse la rotura de los dientes.

#### Embragues de fricción



Consta de *dos discos cuyas superficies son lisas y tienen un alto poder de fricción cuando se ponen en contacto.* Este rozamiento acopla ambos ejes, igualando sus velocidades.

La fricción puede ser metal con metal o de metal con ferodo (un tipo de caucho).

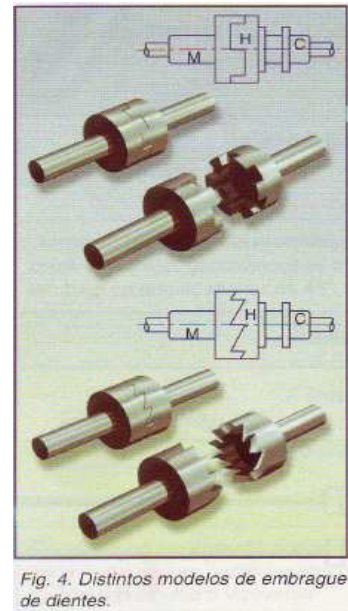


Fig. 4. Distintos modelos de embrague de dientes.

Tienen la particularidad de que el embragado y el desembragado con los árboles de transmisión pueden realizarse en movimiento, siendo el arranque suave y continuo.

Un caso particular es el **embrague de fricción de disco**, cuya aplicación más característica es en automoción. Se utiliza para transmitir el movimiento del motor a las ruedas a voluntad del conductor. Para ello se dispone de un pedal (pedal del embrague) que al accionarlo mueve un mecanismo que se para los discos (posición de desembragado). Al soltar el pedal (progresivamente), el movimiento del motor se transmite a las ruedas (posición de embragado), porque los discos se acoplan.

### Embrague hidráulico

Utilizan un fluido para transmitir el movimiento entre árboles conductores.

Un símil de este tipo de embrague podría ser el efecto que produce un ventilador eléctrico conectado delante de otro: la corriente de aire que provoca el primero hace girar al segundo.

Estos embragues constan de dos turbinas, solidarias cada una a un eje, sumergidas en un fluido dentro de una caja. Al girar el eje conductor, éste hace mover la turbina, impulsada el fluido hacia la otra turbina y le transmite el movimiento.

### 1.3.2.- Frenos

*Reducen o paran el movimiento de uno o varios elementos de una máquina cuando es necesario.*

La energía mecánica se convierte en calorífica mediante la fricción entre dos piezas llamadas frenos. Los frenos más utilizados son los de **disco** y los de **tambor**.

#### Frenos de disco

Se componen básicamente de un disco, colocado en el eje de giro, y dos piezas o pastillas fijas que aplican sobre ambas caras del disco para reducir su movimiento.

Actualmente son el tipo de frenos más utilizado en los automóviles. Las pastillas están hechas de un material de fricción llamado ferodo y están fijas al chasis.

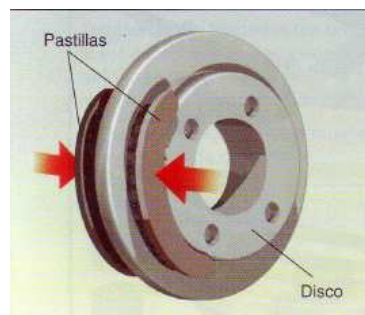


Fig. 6. Disposición de los elementos de un freno de disco.

#### Frenos de tambor

Constan de una pieza metálica cilíndrica que gira, denominada **tambor**, solidaria al árbol (en la rueda del vehículo), y un conjunto de dos zapatas que actúan sobre el tambor para que roce con él y produzca su frenado.

Las zapatas están fijas al chasis.

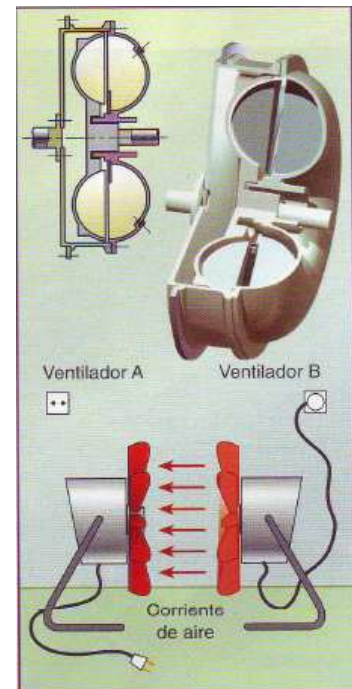


Fig. 5. Embrague hidráulico y principio de funcionamiento.

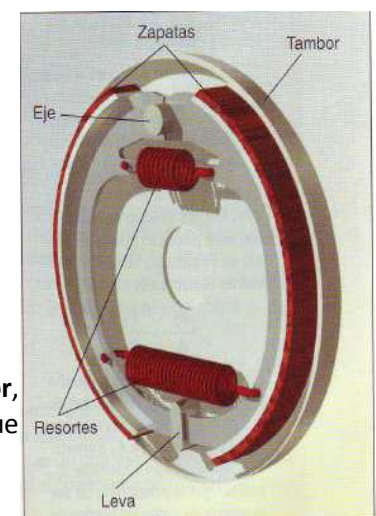


Fig. 7. Accionamiento mecánico de un freno de tambor.



### 1.3.3.- Elementos de fricción

Las partes de una máquina que poseen movimiento de rotación necesitan apoyarse en una superficie para girar. Entre unas y otras se intercalan unos elementos especiales **llamados elementos de fricción**.

En definitiva, los elementos de fricción son elementos de máquinas que se sitúan entre una parte móvil y su soporte con el fin de soportar el rozamiento y el desgaste y evitar que éste se produzca en otros elementos (de mayor coste).

Hay dos tipos: Cojinetes y rodamientos.

#### Cojinetes

Es una *pieza o conjunto de piezas donde se apoya y gira el eje de una máquina*. Los cojinetes son piezas fácilmente desmontables que se adaptan entre el eje y el soporte.

Se emplean porque si una pieza se mueve respecto a otra, se produce rozamiento y, por lo tanto, desgaste de las mismas.

Los cojinetes permanecen fijos al soporte y, durante el giro del eje, rozan con éste. Son piezas de revolución, de manera que el diámetro interior donde se aloja el eje es superior al del propio eje, para facilitar su giro.

Los cojinetes se fabrican de diferentes materiales, generalmente más blandos que el que constituye el árbol o eje. De este modo, el rozamiento provoca el desgaste del cojinete

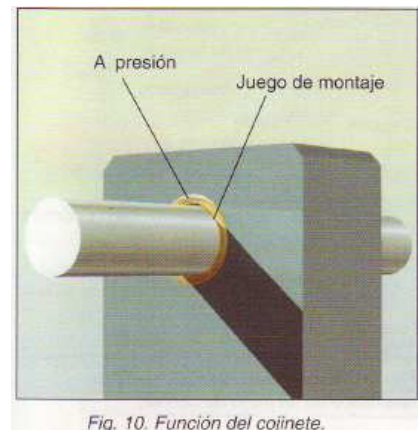


Fig. 10. Función del cojinete.

#### Rodamientos

Los rodamientos son elementos de fricción formados por dos cilindros concéntricos, uno fijo al soporte y otro fijo al eje o árbol, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos, que pueden girar entre ambos, lo cual proporciona una menor pérdida de energía.

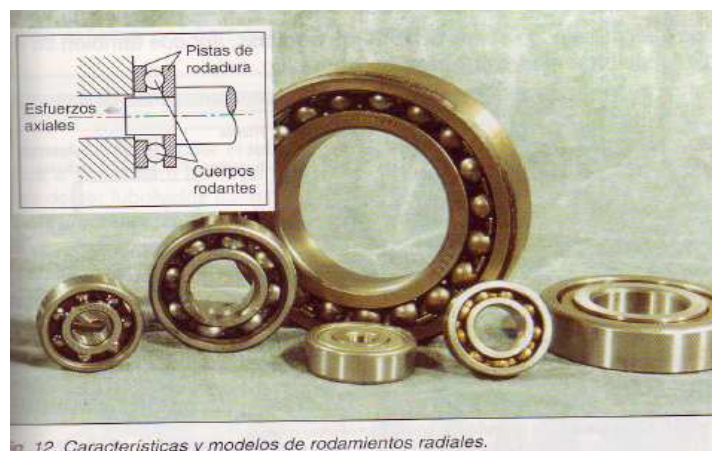


Fig. 12. Características y modelos de rodamientos radiales.

### 1.3.4.- Elementos elásticos

Son elementos que se encargan de almacenar o acumular una cierta cantidad de energía mecánica para devolverla en el momento necesario.

Los más relevantes son:

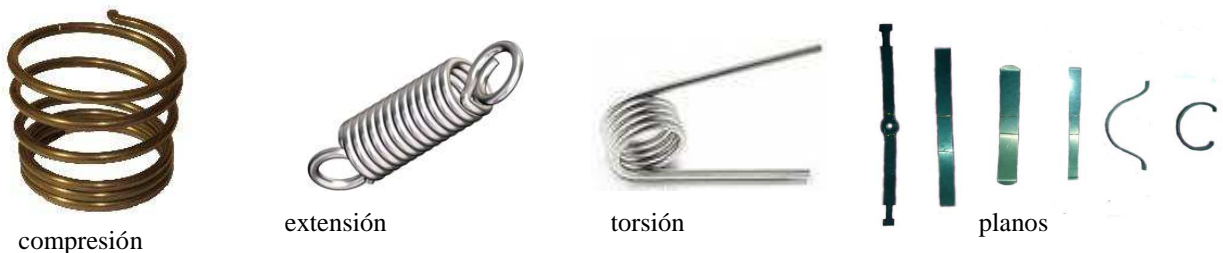
- Muelles o resortes
- Ballestas

#### Muelles o resortes

Son elementos elásticos que se deforman por la acción de una fuerza y que recuperan su forma inicial cuando cesa la fuerza deformadora.

Son sometidos, de forma temporal, a esfuerzos exteriores que los deforman y, así, acumulan energía potencial elástica. Cuando cesa la acción que los deforma, se libera la energía y produce un trabajo.

Existen varios tipos, entre los que se encuentran los de compresión, extensión, torsión y planos.



Los materiales usados en su fabricación son aceros y bronce (para pequeñas cargas).

#### Ballestas

Son elementos elásticos formados por láminas de acero de distinta longitud, unidas entre si por medio de abrazaderas.

Están sometidos a esfuerzos de flexión, y se usan principalmente como elemento de suspensión en vehículos pesados. Cuando el vehículo circula por un terreno irregular, las vibraciones producidas son absorbidas por las ballestas que, al flexionarse, evitan que se transmitan a la carrocería del vehículo.

