

Transmisión de movimiento: Elementos mecánicos transmisores de movimiento



Desde sus orígenes, el hombre ha tratado de encontrar soluciones técnicas que satisficieran su necesidad de transmitir movimiento desde el lugar donde éste se generaba hasta los puntos en que se necesitaba aplicar, o de realizar grandes trabajos desarrollando pequeños esfuerzos.

Así se fueron desarrollando diversas técnicas y mecanismos que cada vez eran más efectivos. Incluso alguno de ellos no han sufrido cambios significativos con el paso del tiempo.

Mucho hablamos de mecanismos, y de máquinas que nos ayudan a hacer trabajos, pero:

- ¿Sabemos qué es un mecanismo?
- ¿Es lo mismo que una máquina?

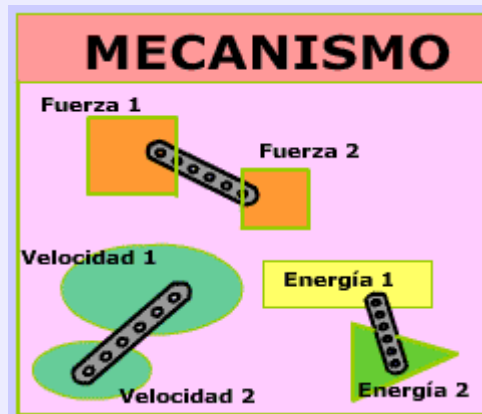


Imagen 1. Mediateca. Creative Commons.



Importante

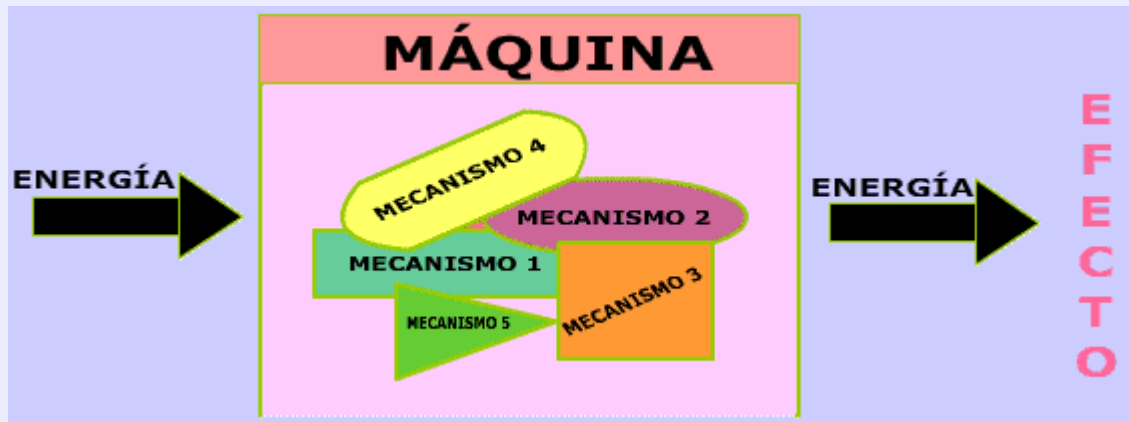
Un **mecanismo** es un conjunto de elementos conectados entre si por medio de articulaciones móviles cuya misión es: transformar una velocidad en otra, una fuerza en otra, una energía en otra forma de energía o modificar una trayectoria.





Importante

Se define una **máquina** como una combinación de mecanismos convenientemente organizados que se alimentan con un determinado tipo de energía, la transforman en otra y producen un efecto deseado.





Curiosidad

Los grandes filósofos de la antigüedad llamaban a las máquinas simples "las cinco grandes".

Estas cinco grandes máquinas simples eran: el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la palanca y la rueda.

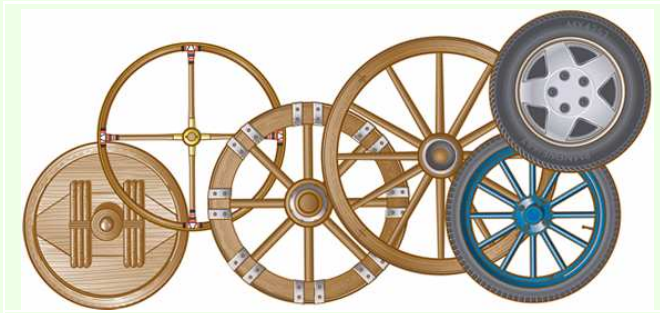


Imagen 2. [Kalipedia](#). Creative Commons.

El primero en sistematizarlas y en exponer su funcionamiento fue Arquímedes (287-212 a.e.). A él son debidos el conocimiento de la polea compuesta, él fue quien explicó la teoría de la palanca y quien dio nombre al tornillo sinfín empleado para elevar agua de un cauce, procedimiento que aún hoy se conoce como "tornillo de Arquímedes".

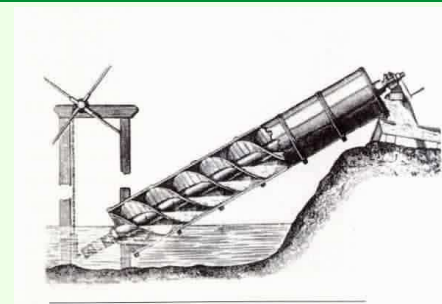


Imagen 3. [Wikipedia](#). Creative Commons.

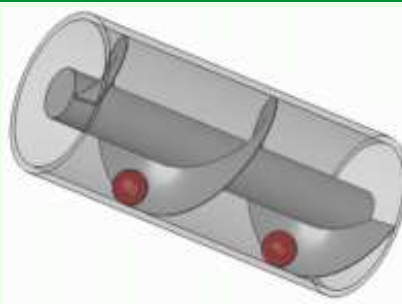


Imagen 4. [Wikipedia](#). Creative Commons.



Imagen 5. [Isftic](#). Creative Commons.

En Persia se tiene noticia de la utilización de la rueda hidráulica desde hace más de 2500 años, de la rueda, que fue empleada como motor y ampliamente desarrollada por los romanos. En el libro *De Architectura*, Vitrubio, en el siglo I a.C., describe pormenorizada y minuciosamente su funcionamiento, siendo una máquina que aprovecha eficazmente la energía del viento o la fuerza de un cauce de agua fluyente. Su utilización se ha mantenido ampliamente hasta bien entrado el siglo XIX.



Imagen 6. [Wikipedia](#). Creative Commons.

1. Resumen de conceptos y fórmulas



En este punto vamos a hacer un pequeño repaso de las magnitudes que vamos a utilizar en esta unidad, así como de las expresiones con las que las calcularemos y de sus magnitudes.

Nos centraremos en los conceptos que necesitamos, obviando definiciones más genéricas. Así por ejemplo, lo primero que vamos a repasar es el concepto de velocidad angular, pero no empezaremos recordando que velocidad es el espacio (lineal o angular) recorrido por unidad de tiempo.



Importante

Velocidad angular (ω)

Su unidad de medida en el Sistema Internacional es radianes/segundo, **rad/s**.

En las aplicaciones prácticas (por ejemplo para determinar la velocidad del motor de un coche) se expresa en revoluciones por minuto, **r.p.m.**, y en este caso se utiliza la letra **n** para identificarla.

La relación entre ambas es:

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60}$$

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi}$$



Imagen 7. Galería de Office.
Creative Commons.



Importante

Velocidad tangencial (**v**)

Para calcular la velocidad angular de un elemento que gira, por ejemplo, la velocidad de un punto de la periferia de una rueda o de un eje, se debe aplicar la fórmula:

$$\mathbf{v} = \omega \cdot \mathbf{r}$$

Donde la velocidad lineal, **v**, se expresa en **m/s**, cuando:

- la velocidad angular se expresa en rad/s
- y el radio en m.



Imagen 8. Galería de Office.
Creative Commons



Ejercicio resuelto

Calcula a qué velocidad circula una moto de carreras cuya rueda gira a 1500 rpm, si su diámetro es de 60 cm.

Trabaja siempre en el Sistema Internacional.

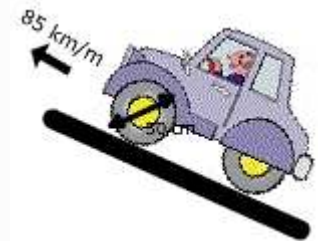


Imagen 9. Mediateca. Creative Commons.



Ejercicio resuelto

Calcula a qué velocidad gira la rueda de un coche que sube una cuesta a 85 km/h, si sus ruedas tienen un diámetro de 50 cm.



Ejercicio resuelto

Calcula la velocidad tangencial que tendrá una rueda de fricción que tiene un radio de 50 mm si gira a una velocidad de 1200 rpm.



Importante

Fuerza (F): Fuerza es la causa que produce movimiento, modifica un movimiento existente o deforma un sólido.

La expresión algebraica que nos determina el valor de una fuerza es:

$$F = m \cdot a$$

- Su unidad en el S.I. es el **newton, N**
- Aunque también se emplea como unidad el **kilopondio, kp**, que es la fuerza con que la tierra atrae a una masa de 1 kg
- $1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$



Ejercicio resuelto

Un automóvil de masa 1500 kg se encuentra estacionado y comienza a desplazarse con movimiento uniformemente acelerado. A los 12 segundos su velocidad resulta ser de 95 km/h. Calcula la fuerza que debe desarrollar el motor para alcanzar esa aceleración.

Debes recordar la expresión para calcular la aceleración de un móvil:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$



Imagen 11. Isftic. Creative Commons.



Importante

Momento de una fuerza o par de una fuerza (M)

El momento de una fuerza respecto a un punto es el producto de la fuerza por la mínima distancia entre el punto y la trayectoria de la fuerza.

Su expresión algebraica es:

$$M = F \cdot d$$

La unidad en el S.I. es el **Newton metro, Nm**



Importante

Trabajo (W)

El trabajo realizado por un cuerpo es el producto de la fuerza ejercida por la distancia recorrida.

Su expresión matemática es:

$$W = F \cdot d$$

Su unidad es el **Julio, J**, siendo su equivalencia (*1 Julio = 1 Newton·1 metro*)



Importante

Potencia (P)

La potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

Su expresión es:

$$P = \frac{W}{t}$$

De esta expresión se deduce que: *1 watio = 1 Julio /1 segundo*

En el S.I. la unidad de la potencia es el **watio, w**, aunque en sistemas mecánicos se suele emplear como unidad el **caballo de vapor, CV**, que equivale a 735 watios.

En general, las máquinas presentan una potencia prácticamente constante y emplearemos las siguientes fórmulas:

► Si estamos ante un movimiento lineal: $P = F \cdot v$

► Si se trata de un movimiento rotativo: $P = M \cdot \omega$



Ejercicio resuelto

Calcula el trabajo que hay que realizar para desplazar un objeto una distancia de 500 cm sobre el que se aplica una fuerza de 16 kp.



Expresa todas las magnitudes en el S.I.

Calcula la potencia si el proceso ha transcurrido durante 30 segundos.



Ejercicio resuelto

Un automóvil tiene una potencia de 140 CV en un régimen de 3000 rpm. Calcula su par motor en esas condiciones.



Ejercicio resuelto

Calcula la velocidad del eje de un motor eléctrico que tiene una potencia de 60 CV y que suministra un par motor de 400 Nm.



Imagen 12. [Mediateca](#). Creative Commons.

2. Acoplamiento entre árboles



Es común que se emplee indistintamente la palabra eje o árbol como si fuesen sinónimos, pero realmente existe una importante diferencia entre ambas.



Importante

Un **eje** es un elemento sobre el que se apoya una pieza giratoria, por lo tanto su única función es ser **soporte** y no se ve sometido a esfuerzos de torsión.

En cambio un **árbol** es un elemento giratorio cuyo fin es **transmitir** potencia mecánica mediante su giro, por lo que está sometido a esfuerzos de flexión y de torsión. Además, a diferencia de los ejes, el árbol gira solidario con los elementos montados sobre él.



Imagen 13. **Mediateca**. Creative Commons.



Imagen 14. **Isftic**. Creative Commons.



Autoevaluación

Indica si estas afirmaciones son verdaderas o falsas, podrás comprobar si realmente has entendido la diferencia entre ejes y árboles.

Un eje es más corto que un árbol.

Verdadero ☐ Falso ☐

Sobre ejes y árboles se montan diferentes piezas mecánicas.

Verdadero ☐ Falso ☐

Los ejes soportan esfuerzos de flexión.

Verdadero ☐ Falso ☐

Los árboles transmiten momentos torsores y, por lo tanto, potencia.

Verdadero ☐ Falso ☐

Cuando se necesita transmitir movimiento entre dos puntos separados de una máquina, es preferible, en vez de emplear un único árbol excesivamente largo, utilizar varios árboles más cortos acoplados entre sí.



Importante

Los **acoplamientos** son mecanismos de unión de órganos giratorios de las máquinas, de forma que el movimiento se transmite de uno a otro.
Aquí puedes ver distintos tipos de acoplamientos comerciales.



Imagen 15. **Isftic**. Creative Commons.

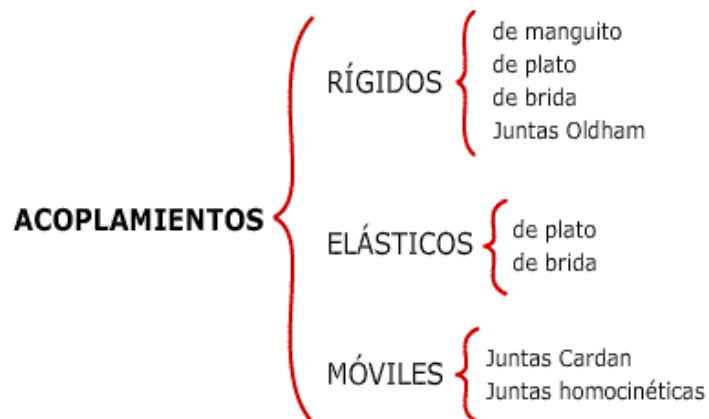


Imagen 16. **Isftic**. Creative Commons.



Imagen 17. **Isftic**. Creative Commons.

Dependiendo de las condiciones de transmisión, estos mecanismos se dividen en rígidos, elásticos y móviles.



ACOPLAMIENTOS RÍGIDOS

Son los que unen rígidamente a los árboles que conectan, por lo que **no admiten ningún movimiento relativo entre ellos**.

Según el diámetro de los árboles, se distinguen:

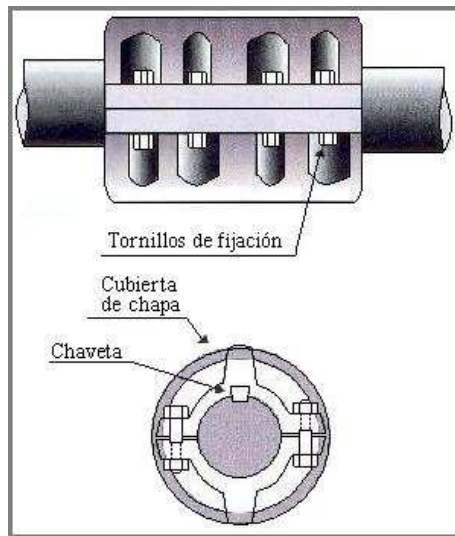


Imagen 18. Portaleso. Copyright.

Acoplamiento de manguito: Se utilizan para conectar árboles del **mismo diámetro**, no son aptos para transmitir movimiento variable y requieren un equilibrio muy preciso.

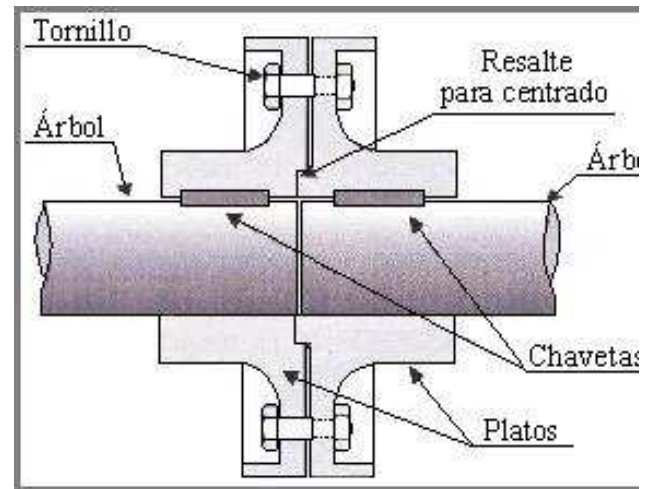


Imagen 19. Portaleso. Copyright.

Acoplamiento de plato: Se utilizan en árboles **de igual o diferente diámetro**; se fijan el plato al árbol por medio de chavetas o por compresión sobre asientos cónicos. El acoplamiento se efectúa mediante tornillos y tuercas.

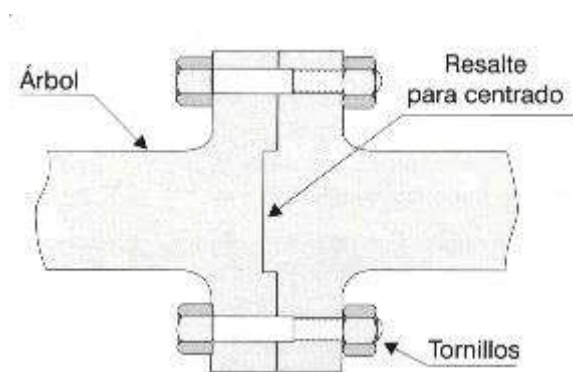


Imagen 20. Portaleso. Copyright.

Acoplamiento de brida: Se utilizan en árboles **de igual o diferente diámetro**; se montan en el extremo del árbol por forja o soldadura. El acoplamiento se efectúa mediante tornillos y tuercas.

Juntas Oldham: Con este acoplamiento transmite movimiento de giro **entre dos ejes paralelos que se encuentran a poca distancia**. La junta consta de tres elementos: dos solidarios a los árboles y un tercero que sirve de unión entre los anteriores y que transmite el movimiento entre ellos. Con este vídeo entenderás perfectamente cómo funciona este acoplamiento.

Multimedia 1. Youtube. Creative Commons.

ACOPLAMIENTOS ELÁSTICOS

Cuando entre dos árboles se deben transmitir esfuerzos que puedan ser bruscos, se colocan dos elementos elásticos en los dos lados del acoplamiento para que absorban parte de la energía producida.

Los acoplamientos elásticos pueden ser:

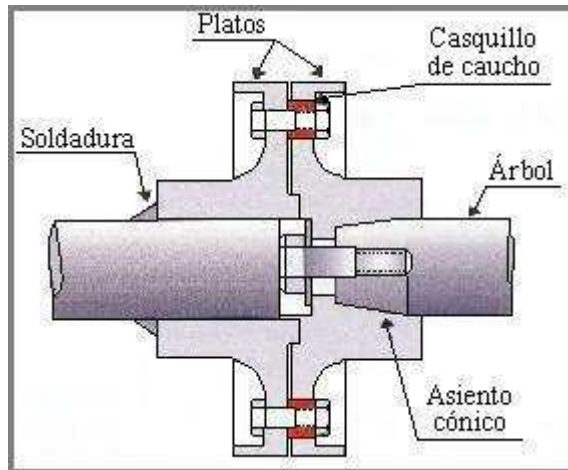


Imagen 21. Portaleso. Copyright.

Acoplamientos de plato: Son los más sencillos. Emplean un acoplamiento de plato en el que los tornillos van envueltos en caucho y eliminan cualquier juego en la junta. Este acoplamiento viene limitado por desalineamientos entre ejes de más de 25°.

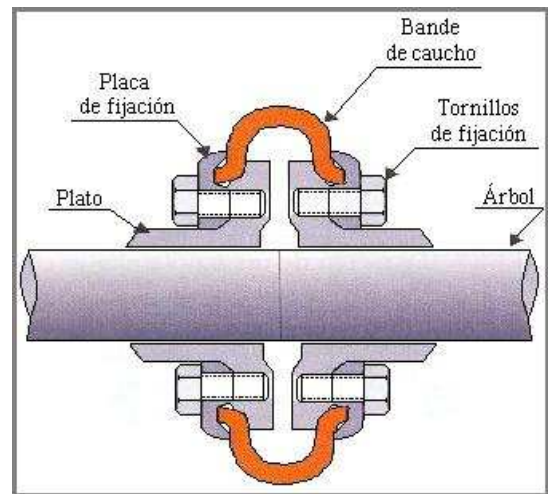


Imagen 22. Portaleso. Copyright.

Acoplamientos de brida: Es el también llamado Periflex. Emplea una banda perimetral de caucho para la unión de dos platos, que se fija a éstos por medio de tornillos. Se puede emplear para desalineamientos de hasta 30°.

ACOPLAMIENTOS MÓVILES

Son los que se utilizan cuando los árboles no están perfectamente alineados.

Los más significativos son:

Juntas Cardan: utilizadas para unir árboles no alineados. Están formadas por una cavidad en los extremos de un árbol en forma de "U", en la que se alojan dos crucetas, dejando las otras dos aspas libres para acoplar el árbol conducido.

Estos acoplamientos poseen un gran poder para absorber las vibraciones desde el eje conducido al motor. En ocasiones, el árbol intermedio se confecciona de forma telescópica, lo que aumenta sus posibilidades de uso.

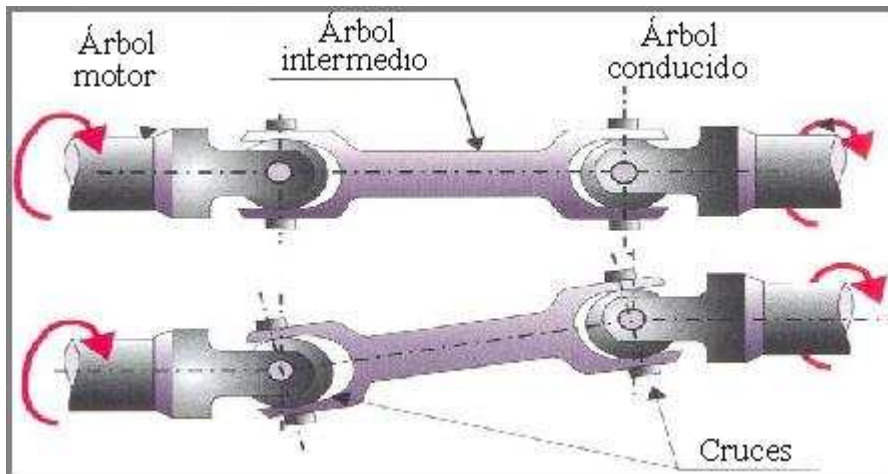


Imagen 23. [Portaleso](#). Copyright.



Imagen 24. [Mediateca](#). Creative Commons.

En el siguiente video podrás ver cómo está diseñada una junta Cardan y cómo se realiza la unión.

Multimedia 2. [Youtube](#). Creative Commons.

Juntas homocinéticas: Realizan el mismo tipo de acoplamiento que las juntas cardan, pero no producen oscilaciones entre los árboles que se transmite el giro, lo que las hace especialmente adecuadas en el sector de la automoción. para transmitir el



Imagen 25. [Mediateca](#). Creative Commons.



Autoevaluación

Los acoplamientos se usan para:

- ☐ Unir distintos elementos giratorios de las máquinas.
- ☐ Fijar distintos elementos giratorios de las máquinas.
- ☐ Transmitir el movimiento entre distintos elementos giratorios de las máquinas.

Ver solución

Los acoplamientos rígidos

- ☐ Admiten movimientos relativos entre los árboles que conectan.
- ☐ Requieren ajustes muy precisos.
- ☐ Unen siempre árboles de igual diámetro.

Ver solución

Una junta Cardán

- ☐ Es un acoplamiento móvil que en automoción sirve para llevar la fuerza desde el motor hasta las ruedas no tractoras.
- ☐ Se utilizan para unir árboles alineados.
- ☐ Absorben las vibraciones que se producen en la transmisión.

Ver solución

3. Transmisión por poleas y correas o cadenas.



Para saber más

Antes de empezar, te presentamos las direcciones de tres páginas en las que nos habla de mecanismos. Son conceptos muy sencillos, pero algunas veces las cosas sencillas nos hacen entender mejor los conceptos. En ellas dispones también de sencillos ejercicios con los que practicar para realizar cálculos.

Como verás, en estas páginas tienes información sobre todos los elementos de transmisión del movimiento que vamos a ver en esta unidad: poleas, ruedas de fricción y engranajes. Puedes utilizarlas cuando lo creas necesario.

[MecanESO](#)

[Máquinas y mecanismos](#)

[Mecanismos](#)

Como veíamos al principio del tema, el hombre siempre ha tratado de encontrar formas de transmitir movimientos de un lugar a otro y, al mismo tiempo, transformar sus características: obtener movimientos con más o menos velocidad, o con más o menos potencia.

Una forma de transmisión de movimiento es a través de sistemas de poleas.



Imagen 26. Focus educational. Copyright



Importante

Un **sistema de transmisión por correa** es un conjunto de dos **poleas** acopladas por medio de una **correa** con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a una cierta distancia.

La fuerza se transmite **por efecto del rozamiento** que ejerce la **correa sobre la polea**.

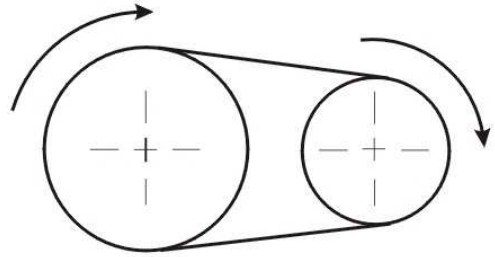
POLEAS

Las poleas no son más que una rueda (llanta) con un agujero en su centro para acoplarla a un eje en torno al cual giran. Para asegurar el contacto entre polea y correa se talla en la polea un canal o garganta que "soporta" a la correa.

En un sistema de transmisión de poleas son necesarias dos de ellas:

- una **conductora**, de entrada o motora, que va solidaria a un eje movido por un motor.
- otra **conducida**, de salida o arrastrada, también acoplada a un eje y que es donde encontraremos la resistencia que hay que vencer.

En la imagen de la derecha vemos como se representa un sistema de transmisión de movimiento por poleas.



Importante

El **movimiento** que se transmite a la rueda **conducida** tiene el **mismo sentido** que el movimiento de la rueda **conductora**, mientras que su módulo, como veremos más adelante, depende de los diámetros de las poleas.

Si nos interesa que el sentido de **giro transmitido se invierta**, deberemos **cruzar la correa**.

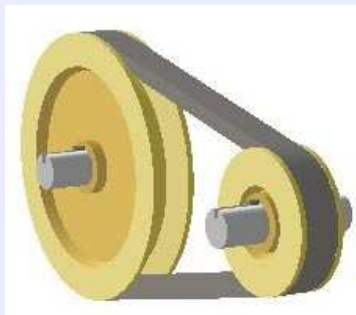


Imagen 27. Focus educational. Copyright.

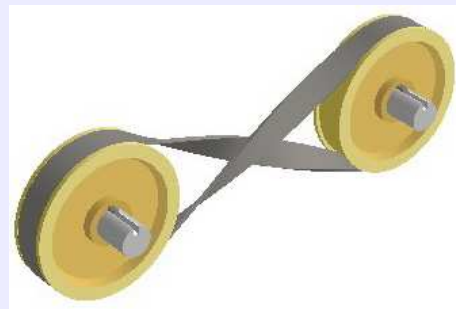


Imagen 28. Focus educational. Copyright.

TRANSMISIÓN POR CORREA

Como hemos visto, la fuerza que transmiten las poleas es debida al rozamiento que ejerce la correa sobre la polea, por lo que la correa es un elemento decisivo en este sistema de transmisión de movimiento.

La correa en su funcionamiento está sometida a esfuerzos. Pero sus dos tramos no soportan los mismos esfuerzos; el tramo que va de la rueda motriz la conducida se encuentra flojo, mientras que el otro está totalmente tenso.

Suelen estar fabricadas de caucho resistente al desgaste y reforzadas con cuerdas para mejorar el comportamiento a tracción.

Las correas pueden ser de distintos tipos:

- **Trapezoidales:** Son las más utilizadas, pues se adaptan firmemente al canal de la polea evitando el posible deslizamiento entre polea y correa.
- **Redondas:** Se utilizan correas redondas cuando ésta se tiene que adaptar a curvas cerradas cuando se necesitan fuerzas pequeñas.
- **Planas:** Cada vez de menor utilización, se emplean para transmitir el esfuerzo de giro y el movimiento de los motores a las máquinas.
- **Dentadas:** Las correas dentadas, que además son trapezoidales, se utilizan cuando es necesario asegurar el agarre. En ellas el acoplamiento se efectúa sobre poleas con dientes tallados que reproducen el perfil de la correa. Este tipo es el más empleado en las transmisiones de los motores de los automóviles.



Imagen 29. Focus educational. Copyright.



Imagen 30. Focus educational. Copyright.



Imagen 31. Focus educational. Copyright.



Imagen 32. Focus educational. Copyright.

El proceso de transmisión del movimiento con correa es un proceso de elevado rendimiento (95-98%) y precio reducido.

Eso hace que esos mecanismos sean muy empleados en distintos aparatos: electrodomésticos (neveras, lavadoras, lavavajillas...), electrónicos (disqueteras, equipos de vídeo y audio,...) y en algunos mecanismos de los motores térmicos (ventilador, distribución, alternador, bomba de agua...)

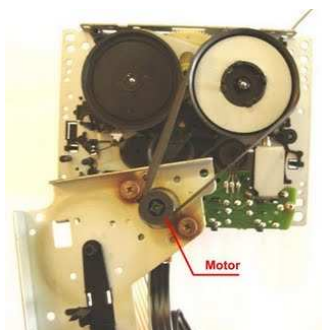


Imagen 33 . Isftic. Creative Commons.



Imagen 34. Mediateca. Creative Commons.

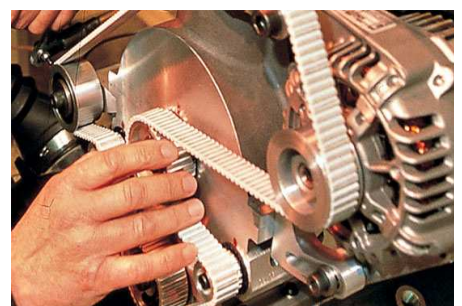


Imagen 35. Kalipedia. Creative Commons.

Volvemos a repetir que la finalidad de estos sistemas de transmisión es transmitir movimientos de un lugar a otro pero, sobre todo, modificar sus características: su velocidad y, como consecuencia, la fuerza que puede desarrollar. A continuación vamos a ver la ecuación que nos determina cómo varía la velocidad en esta transmisión.



Importante

Ecuación fundamental de velocidades para transmisiones por correa.

$$\boxed{\varnothing_1 \cdot n_1 = \varnothing_2 \cdot n_2}$$

Donde: \varnothing_1 es el diámetro de la polea motriz y n_1 su velocidad de giro
y \varnothing_2 y n_2 son el diámetro y a velocidad de la polea conducida.



Importante

Ecuación de la relación de transmisión (i)

La relación de transmisión es la relación que existe entre la velocidad de giro del árbol motor y la velocidad del árbol resistente.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\varnothing_1}{\varnothing_2}$$



Autoevaluación

En un sistema de transmisión por correa:

- Se transmite movimiento entre ejes paralelos.
- Se transmite movimiento entre ejes perpendiculares.
- Se transmite movimiento entre ejes paralelos o perpendiculares según esté conectada la correa.

Las poleas conductora y conducida son:

- La conducida la que recibe el movimiento del motor, por eso decimos que es conducida.
- La conductora es la que va acoplada al eje motor y la conducida no va acoplada a ningún eje.
- La conductora es la que recibe el movimiento del motor y la conducida la que recibe el movimiento de la conductora.

La correa utilizada en la transmisión:

- Es la que, por el rozamiento con la polea, transmite el movimiento.
- Suele patinar en la polea al estar hecha de caucho.
- Soporta diferentes esfuerzos en sus tramos, lo que hace que se transmita el movimiento.



Ejercicio resuelto

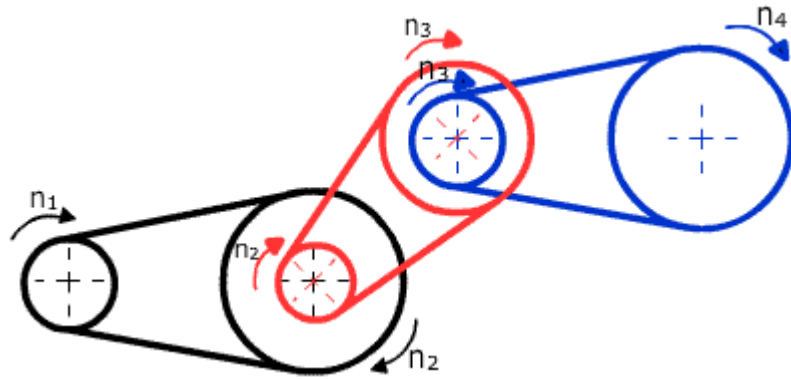
Se desea transmitir movimiento, con el mismo sentido de giro, entre dos ejes paralelos situados a 60 cm de distancia. Para ello se emplean dos poleas, una motora, de 15 cm de diámetro y que tiene el eje de entrada unido solidariamente a un motor eléctrico que gira a 1200 rpm, y una conducida de 45 cm de diámetro.

Calcula la relación de transmisión de velocidad.

¿A qué velocidad gira el eje conducido?

¿Qué longitud de correa se necesita?

Cuando se necesitan **grandes relaciones de transmisión** se recurre a montar **trenes de poleas**, que son una sucesión de transmisiones, es decir, pares de poleas enlazadas sucesivamente.



Con las transmisiones de poleas se pueden conseguir **cajas de velocidades** entre dos árboles paralelos que monten varios pares de poleas escalonadas. Es necesario mantener constantes la velocidad de giro del árbol motor y la longitud de la correa.

Este es el caso de los taladros de mesa, en los que, con poleas de distinto diámetro, se pueden conseguir velocidades de salida diferentes.

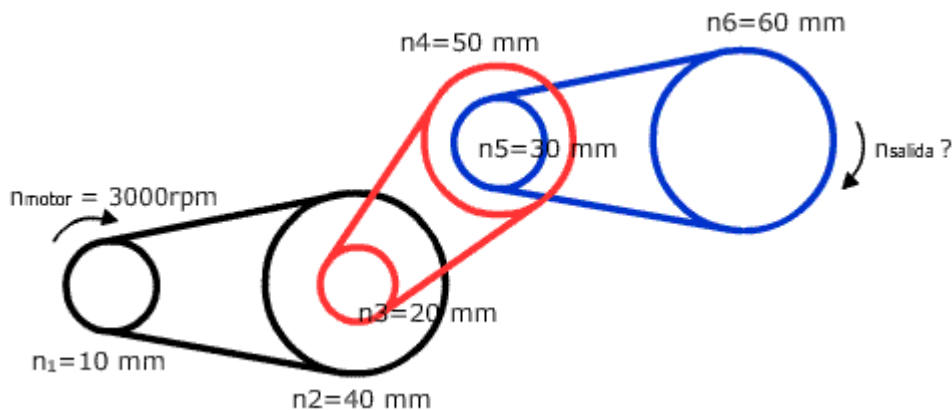


Imagen 36. Isftic. creative Commons.



Ejercicio resuelto

Un tren de poleas está constituido por tres escalonamientos, en los que las poleas motoras tienen unos diámetros de 10, 20 y 30 mm. Y las tres poleas conducidas 40, 50 y 60 mm. Si lo arrastra un motor que gira a una velocidad de 3000 rpm, calcula:



- a) La relación de transmisión del mecanismo.
- b) La velocidad del eje de salida.



Ejercicio resuelto

Se dispone de un tren de poleas con tres escalonamientos, en el que el diámetro de las poleas motoras es de 150 mm y el de las conducidas de 300 mm. El motor funciona a un régimen de 1.000 rpm.

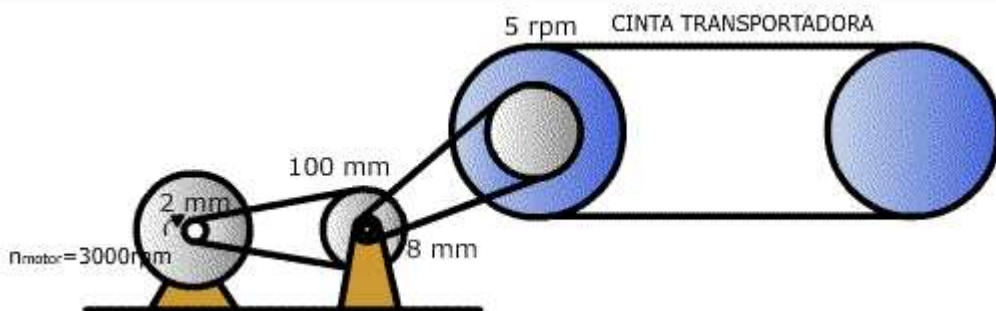
Calcula la velocidad del último árbol.

Calcula la relación de transmisión de velocidad total.



Ejercicio resuelto

La cinta transportadora representada en la figura debe girar a 5 rpm. El eje del motor, que gira a una velocidad de 3000 rpm y cuyo diámetro mide 2 mm, está conectado a una polea de 100 mm de diámetro. Sobre el eje de ésta se monta una nueva polea de 8 mm de diámetro que se une, mediante una correa, a la polea que arrastra a la cinta.



Calcula el diámetro de la polea que arrastra al eje de la cinta transportadora.

TRANSMISIÓN POR CADENA

La transmisión por cadena es similar a la transmisión por correa. Se efectúa también entre **árboles paralelos**, pero en este caso, engarzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena; el acoplamiento entre cadena y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno.

Se emplea cuando se tienen que **transmitir grandes potencias** con **relaciones de transmisión reducidas**.



Imagen 37 . Kalipedia. Creative Commons



Imagen 38 . Wikimedia. Creative Commons.



Imagen 39. Wikimedia. Creative Commons.



Importante

Ecuación fundamental de velocidades y relación de transmisión para transmisiones por cadena.

La relación de transmisión es igual que en los sistemas por correa, siendo ahora los diámetros de las ruedas unas circunferencias imaginarias que pasan por el centro de los pasadores de los eslabones de la cadena.

Así, en lugar de aplicar la fórmula respecto al diámetro, se hace respecto al número de dientes de las ruedas. Llamando Z_1 al número de dientes de la rueda motora y Z_2 al de la conducida, se tiene que cumplir:

$$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

Y la **relación de transmisión (i)** se define como:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$



Autoevaluación

La transmisión por cadena:

- Puede transmitir más potencia que la de correa.
- Presenta más problemas de deslizamiento.
- No permite relaciones de transmisión pequeñas.

Para calcular i en una transmisión por cadena:

- Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa.
- Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa, sustituyendo diámetros por número de dientes.
- Utilizamos la misma expresión que cuando es por correa, pero expresando la velocidad en rad/s en lugar de en rpm.



Ejercicio resuelto

Un ciclista lleva montada una relación de cambio de marchas 50/20 y pedalea con una cadencia de 40 rpm. El diámetro de la rueda trasera es de 70 cm.



Imagen 40. [Wikimedia](#). Creative Commons.

Calcula la velocidad a la que gira la rueda.

Calcula la velocidad a la que circula.

4. Transmisión por ruedas de fricción.



Importante

La transmisión de movimiento por ruedas de fricción consiste en hacer **resbalar dos ruedas en contacto** entre sí al ejercer una cierta **presión** la una sobre la otra.

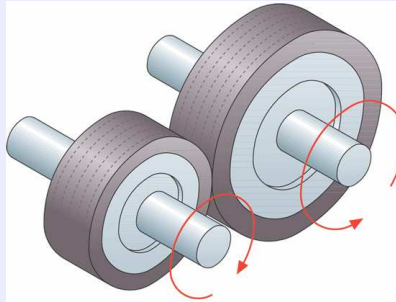


Imagen 41. Kalipedia. Creative Commons.

Este tipo de transmisión se realiza sobre ejes paralelos y, al contrario que en la transmisión por correa o cadena, el **sentido de giro del eje motriz será contrario al del eje conducido**.

Se usa cuando se pretenden transmitir **pequeñas potencias**, ya que al estar en contacto una rueda con otra se produce una pérdida de velocidad.

Al funcionar por rozamiento y presión, las ruedas sufren un continuo desgaste, también pueden ser interiores estas ruedas.

Se utilizan en el campo de la electrónica y de la informática, equipos de sonido, vídeo, impresoras...

En la imagen de la derecha se observa un reproductor de cintas de audio. Cuando se pone en marcha, los rodillos de fricción se aproximan y el rodillo tractor transmite el movimiento al otro rodillo.

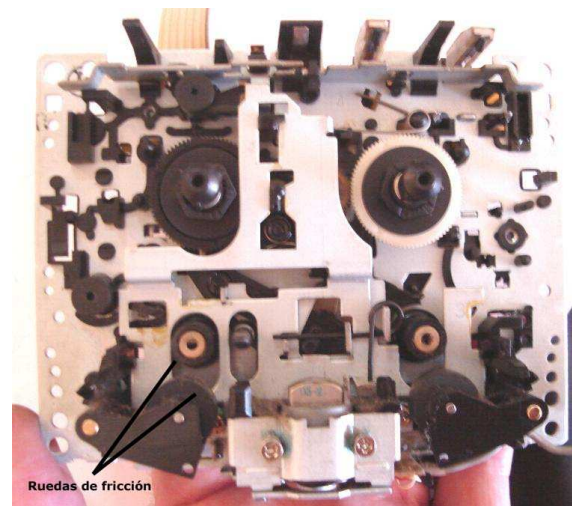


Imagen 42. Alma de herrero. Copyright.



Importante

Con las ruedas de fricción se cumplen las **mismas fórmulas** que para las **poleas**:

$$\phi_1 \cdot n_1 = \phi_2 \cdot n_2$$

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

La distancia entre ejes de las ruedas será:

$$c = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$$

En el caso de que las ruedas de fricción también sean interiores, esta distancia será:

$$c = \frac{\phi_1 - \phi_2}{2}$$



Autoevaluación

¿Son verdaderas las siguientes afirmaciones referidas a las ruedas de fricción?

Las ruedas de fricción transmiten el movimiento entre árboles paralelos.

Verdadero ☐ Falso ☐

Las ruedas de fricción nos permiten transmitir potencias elevadas.

Verdadero ☐ Falso ☐

La correa de la transmisión sufre mucho desgaste.

Verdadero ☐ Falso ☐

La rueda conducida gira en el mismo sentido que la conductora.

Verdadero ☐ Falso ☐

La relación de transmisión es el cociente entre la velocidad del eje de salida y el de entrada.

Verdadero ☐ Falso ☐

5. Transmisión por engranajes.



Importante

Este sistema de transmisión de movimiento está constituido por el acoplamiento, diente a diente, de dos ruedas dentadas, una motriz y otra conducida. A la mayor se le llama **corona** y a la menor **piñón**.

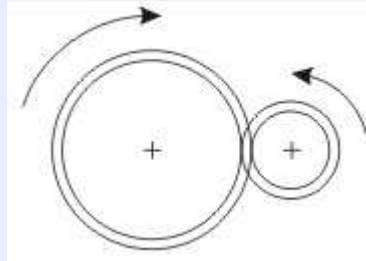


Imagen 43. **Wikipedia**. Creative Commons.

Estos mecanismos presentan numerosas ventajas respecto a las correas y poleas, aunque también algunos inconvenientes.

VENTAJAS

- ocupan espacios más reducidos
- no hay posibilidad de deslizamiento
- tienen mayor capacidad de transmisión de potencia
- elevado rendimiento
- bajo mantenimiento

INCONVENIENTES

- son más costosos
- la transmisión se produce con más ru



Autoevaluación

Reflexiona sobre el por qué de estas ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, ¿por qué ocupan menos espacio, o por qué son más costosos?

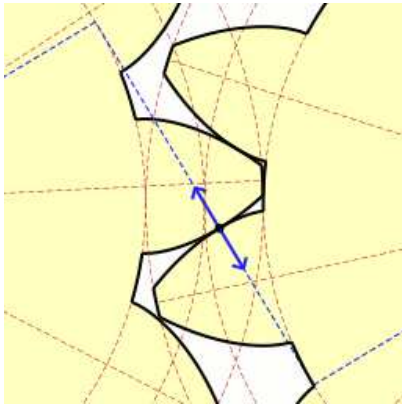


Imagen 44. [Wikimedia](#). Creative Commons.



Imagen 45. [Kalipedia](#). Creative Commons.



Importante

Respecto a relación de transmisión y velocidades en el movimiento, son válidas las fórmulas que hemos estado considerando hasta ahora, referidas al número de dientes de los engranajes.

$$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$c = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$$

También puede darse el caso de transmisión por engranajes interiores, como son los **engranajes planetarios o epicicloidales**, que permiten hacer varias desmultiplicaciones con un solo juego de engranajes.

Están formado por cuatro elementos: planeta, satélites, portasatélites y corona.

Entre sus diversos usos destaca el diferencial de casi todos los coches de motor y cambio transversal; también es el engranaje común en las cajas de cambio automáticas con convertidor hidráulico de par. En el vídeo anterior vemos cómo funciona un planetario.



Imagen 46. [Wikimedia](#). Creative Commons.



Imagen 47. [Wikimedia](#). Creative Commons.

Multimedia 3. [Youtube](#). Creative Commons.

En los engranajes se deben diferenciar las siguientes partes, que definen al propio engranaje y al diente:

➤ **Módulo.** Se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen deben que tener el mismo módulo.

➤ **Diente de un engranaje.** Son los que efectúan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde el eje motriz al conducido. Su perfil lo constituyen dos curvas envolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo.

➤ **Circunferencia primitiva.** Es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Es la magnitud básica de la que se derivan todas las demás características del engranaje.

➤ **Paso circular.** Es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.

➤ **Espesor del diente.** Es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.

➤ **Número de dientes.** Es el número de dientes que tiene el engranaje. Se simboliza con la letra Z . Es fundamental para calcular la relación de transmisión.

➤ **Diámetro exterior.** Es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.

➤ **Diámetro interior.** Es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.

➤ **Pie del diente o dedendum.** Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.

➤ **Cabeza del diente o adendum.** Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.

➤ **Flanco.** Es la cara interior del diente, es decir su zona de rozamiento.

➤ **Altura del diente.** Es la suma de la altura de la cabeza (adendum) más la altura del pie (dedendum).

➤ **Angulo de presión.** Es el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso. Se representa con la letra ϕ , y 20° ó 25° son los ángulos normalizados.

➤ **Largo del diente.** Es la longitud que tiene el diente del engranaje.

➤ **Distancia entre centro de dos engranajes.** Es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.

➤ **Relación de transmisión.** Es la relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida, puede ser reductora de velocidad o multiplicadora de velocidad.

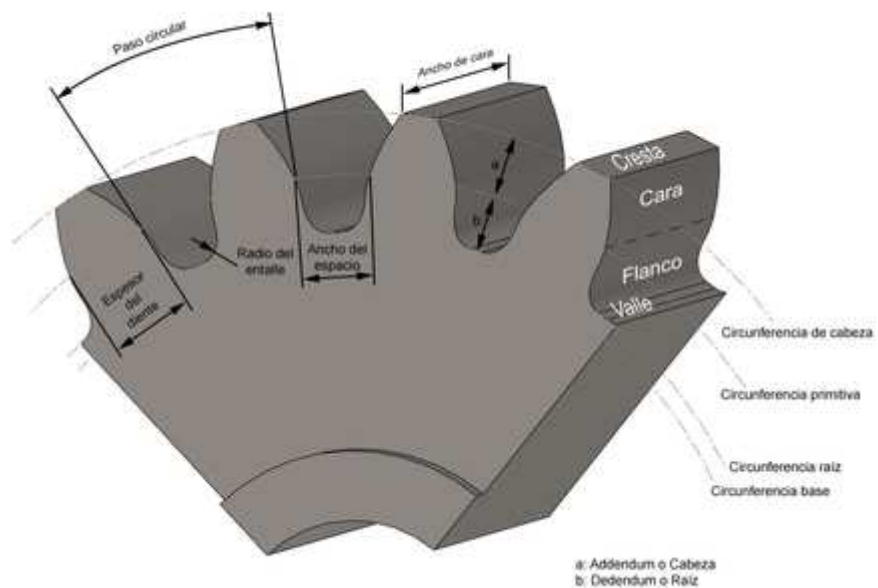


Imagen 48. Wikipedia. Creative Commons.

Según la forma de los dientes y del engranaje, éstos pueden ser:

Engranajes rectos

Se utilizan en **transmisiones de ejes paralelos**. Son uno de los mecanismos más utilizados, y se encuentran en cualquier tipo de máquina: relojes, juguetes, máquinas herramientas, etc.



Imagen 49. [Isftic](#). Creative Commons.

Engranajes helicoidales

Sus dientes están dispuestos siguiendo la trayectoria de hélices paralelas alrededor de un cilindro.

Pueden transmitir movimiento (potencia) entre **ejes paralelos** o entre ejes que **se cruzan** en cualquier dirección (incluso **perpendiculares**).

Debido a su forma geométrica, su construcción resulta más cara que los anteriores y se utiliza en aplicaciones específicas tales como cajas de cambios, cadenas cinemáticas, máquinas herramientas...

Este sistema de engrane de los dientes proporciona una marcha más suave que la de los engranajes rectos, ya que en el mismo instante hay varios pares de dientes en contacto, lo cual hace que se trate de un sistema más **silencioso**, con una **transmisión de fuerza** y de **movimiento más uniforme y segura**.



Imagen 50. [Isftic](#). Creative Commons.

Engranajes cónicos

Se emplean para transmitir movimiento entre **ejes perpendiculares**, o para ejes **con ángulos distintos a 90 grados**.

Se trata de ruedas dentadas en forma de tronco de cono, y pueden ser rectos o curvos (hipoides), siendo estos últimos muy utilizados en sistemas de transmisión para automóviles.



Imagen 51. [Wikimedia](#). Creative Commons.



Imagen 52. [Wikimedia](#). Creative Commons.



Importante

Si para realizar la transmisión necesitamos más de un par de ruedas dentadas, entonces el mecanismo, se denomina **tren de engranajes**.

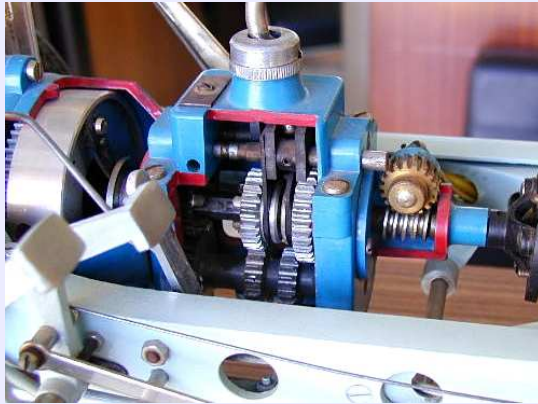
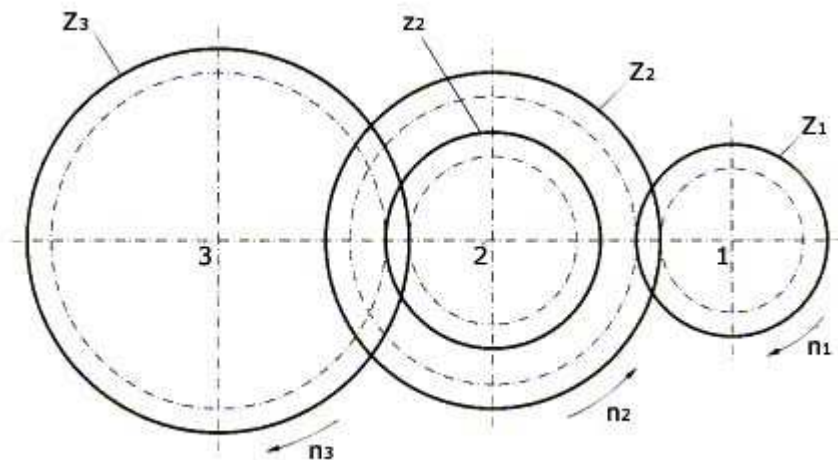


Imagen 53. Isftic. Creative Commons.



Imagen 54. Isftic. Creative Commons.

En este mecanismo la transmisión se realiza entre más de dos ejes simultáneamente, para lo que es necesario que en cada eje intermedio vayan montadas dos ruedas dentadas (Z_2 y z_2). Una de ellas engrana con la rueda motriz, que es la que proporciona el movimiento, y la otra conecta con el eje siguiente al que conduce.



Las velocidad del engranaje de salida, así como la relación de transmisión del sistema se calculará con las expresiones de las transmisiones simples, pero considerando todas las ruedas de entrada y todas las ruedas de salida.



Autoevaluación

Para transmitir movimiento entre ejes paralelos utilizaremos:

- ☐ Un tren de engranajes
- ☐ Engranajes rectos
- ☐ Engranajes helicoidales

Ver solución

La corona es:

- ☐ El engranaje grande de una transmisión.
- ☐ El engranaje conducido en una transmisión.
- ☐ El engranaje exterior de un planetario.

Ver solución

La relación de transmisión en un tren de engranajes es:

- ☐ El cociente entre la velocidad del último engranaje de salida y la velocidad del engranaje de entrada.
- ☐ El cociente entre el producto de todas las velocidades de los engranajes de salida y el producto de todas las velocidades de los engranajes de entrada.
- ☐ El cociente entre el producto de todos los diámetros de los engranajes de salida y el producto de todos los diámetros de los engranajes de entrada.

Ver solución



Ejercicio resuelto

Un motor gira a una velocidad de 2500 rpm y se quiere reducir su velocidad de giro hasta 200 rpm. Para ello se monta un tren de engranajes, que tendrán dos piñones de 10 y 20 dientes respectivamente.

Determina el número de dientes de las ruedas conducidas, si ambas deben ser iguales.



Ejercicio resuelto

Un tren de engranajes está formado por tres engranajes de forma consecutiva. El primero tiene 90 dientes; el segundo, 274 dientes, y el tercero, 180 dientes.

Si el primero gira a 400 r.p.m. ¿cuál será la velocidad de giro del tercero?



Ejercicio resuelto

Un mecanismo reductor de velocidad está accionado por un motor que gira a 2000 rpm está formado por tres escalonamientos de engranajes; el primero es de 15/45 dientes, el segundo 20/40 y el tercero de 10/30.

Calcula la relación de transmisión.

Calcula la velocidad del eje de salida.