

ENGRANAJES

GENERALIDADES:

Los engranajes son, en general, cilindros con resaltos denominados dientes, conformando ruedas dentadas, las que permiten, cuando giran, transmitir el movimiento de rotación entre sus árboles o ejes colocados a una distancia relativamente reducida entre sí. Esta transmisión se realiza mediante la presión que ejercen los dientes de una de las ruedas, denominada motora sobre los dientes de la otra rueda, denominada conducida, cuando engranan entre ambas, estando durante el movimiento en contacto varios dientes sin choques ni interferencias que lo impidan o entorpezcan. Los engranajes cilíndricos pueden ser de dientes rectos, cuando éstos son paralelos al eje de giro del cilindro, o de dientes helicoidales, cuando son parte de una hélice que envuelve a dicho eje. En la figura 1 se pueden observar dos engranajes cilíndricos rectos que engranan entre sí, z_1 y z_2 estando montados sobre los ejes I y II, siendo el primero estriado, lo que permite al engranaje z_1 deslizarse a lo largo del mismo, ocupando otra posición.

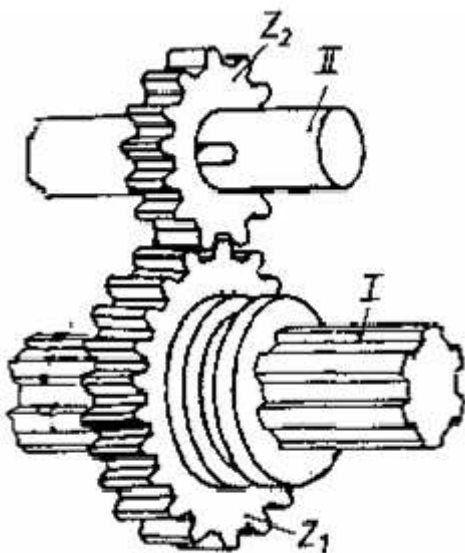


Fig. 1

Distintos materiales se utilizan para la construcción de los engranajes pudiendo ser éstos fundición de hierro, acero, bronce, aluminio, materiales sintéticos, como el teflón, por ejemplo, etc. Debido al constante rozamiento entre las superficies en contacto, éstas están expuestas al desgaste, motivo por el cual son endurecidas mediante tratamientos térmicos de endurecimiento superficial como es el caso del cementado de los aceros. A los efectos de evitar el desgaste, el engrane está continuamente lubricado, lo que además lo refrigera, favoreciendo la transmisión del movimiento a elevada velocidad.

Los engranajes son construidos mediante el fresado o tallado, de acuerdo a normas específicas. Para el cálculo de las dimensiones, resistencia y características se debe conocer previamente: a) distancia entre los ejes de las ruedas dentadas, b) número de vueltas por minuto de la rueda motora, c) relación de transmisión y d) fuerza tangencial que se debe transmitir.

Ningún otro tipo de acoplamiento (poleas, correas, conos de fricción, etc.) consigue transmitir el movimiento rotativo con tanta exactitud como los engranajes, pues en aquellos siempre existe un deslizamiento que da lugar a que la rueda u órgano conducido realice un movimiento menor que la rueda conductora, circunstancia que no sucede en los engranajes.

CLASIFICACIÓN DE LOS ENGRANAJES

Según como los engranajes interactúen entre sí, se los puede clasificar como:

- a) *Engranajes de acción directa*: formados por dos o más ruedas que engranan entre sí, directamente una con otra, como es el caso de la figura (Fig.1).
- b) *Engranajes de acción indirecta*: cuando accionan uno sobre otro a través de un vínculo intermedio o auxiliar, como es el caso de los engranajes a cadena que se muestra en la figura (Fig.2), donde z_1 es la rueda conductora o motora, la cual se encuentra montada sobre un eje motor y transmite el movimiento a la rueda conducida z_2 a través de la cadena. Caso de las bicicletas, donde la rueda de menor diámetro se denomina generalmente *piñón*.

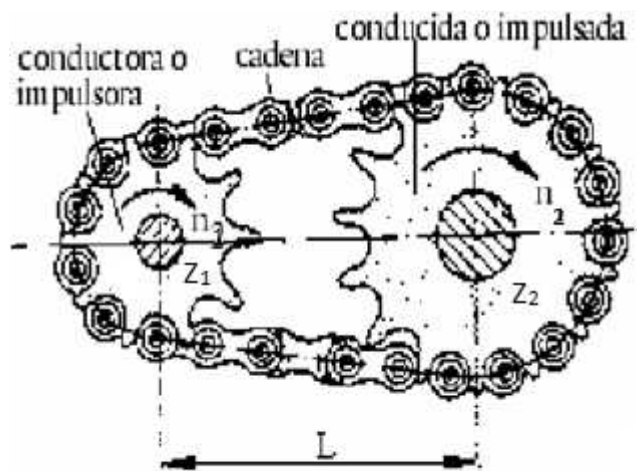
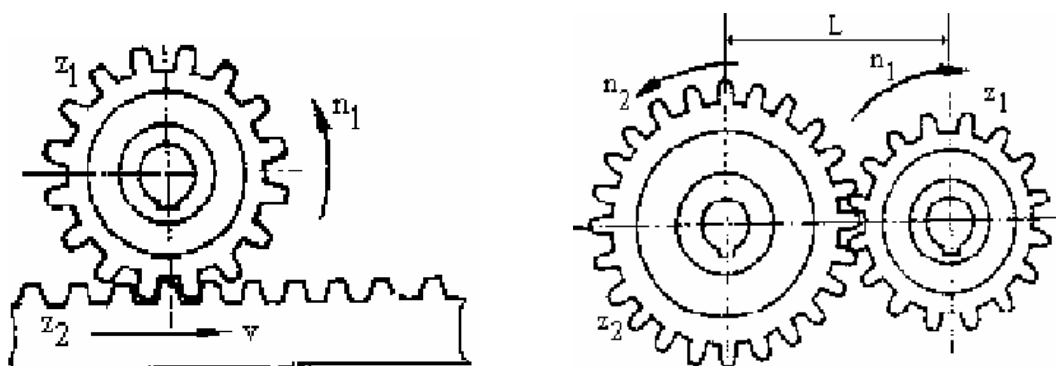


Fig. 2

A su vez, los engranajes de acción directa, según sean las posiciones de sus ejes, pueden presentar los siguientes casos: 1- sus ejes son paralelos; 2- sus ejes se cortan; 3- sus ejes se cruzan; 4- engranajes de rueda y tornillo sinfín.

1) Ruedas de ejes paralelos: se presenta para ruedas cilíndricas que están montadas sobre ejes paralelos, pudiendo presentarse distintos casos (figura 3).



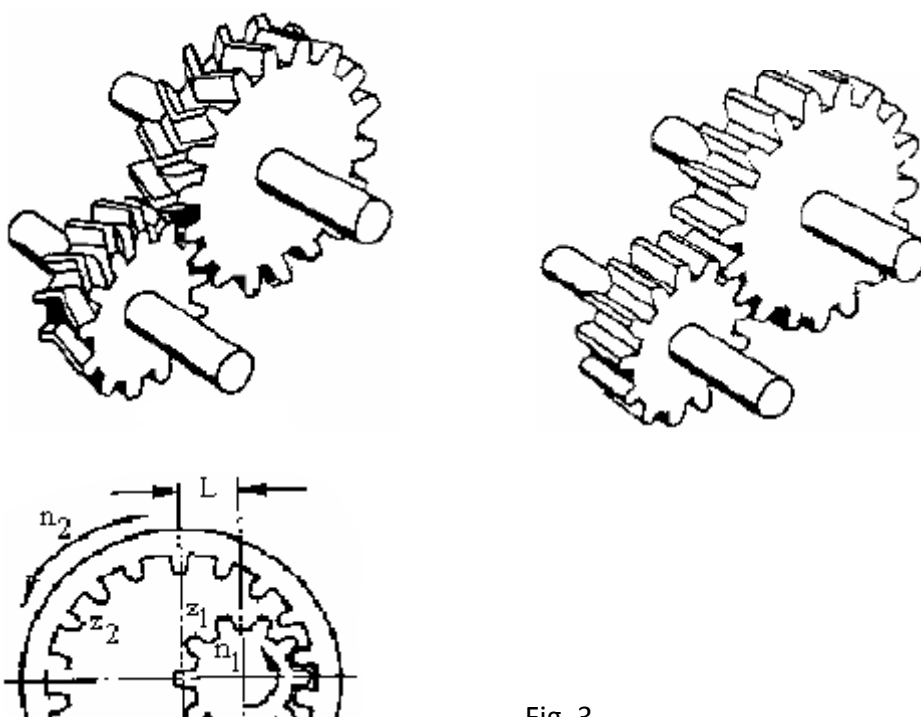


Fig. 3

2- Ruedas cuyos ejes se cortan: este caso se presenta en los engranajes cónicos, los que están contruidos de tal modo que si sus ejes se prolongaran, ellos se encontrarán en un punto o vértice común. Sus dientes pueden ser rectos, en arco o en espiral, respondiendo en cada caso a determinadas condiciones de trabajo y trazado. En la figura (Fig.4) se observa un engranaje cónico de dientes rectos y en la figura (Fig. 5) un engranaje cónico de dientes en espiral.

El ángulo α que forman los ejes I y II de los engranajes z_1 y z_2 respectivamente, al cortarse puede ser:

- a) $\alpha = 90^\circ$, con lo que se obtiene un cambio en la transmisión del movimiento de rotación perpendicular al original;

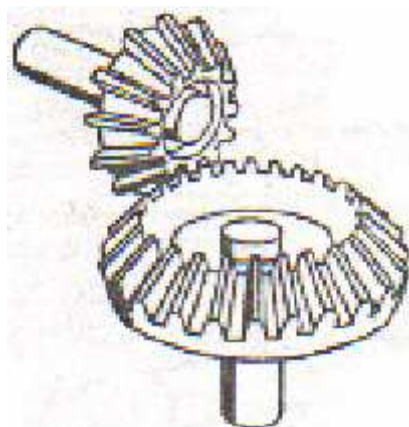


Fig. 4

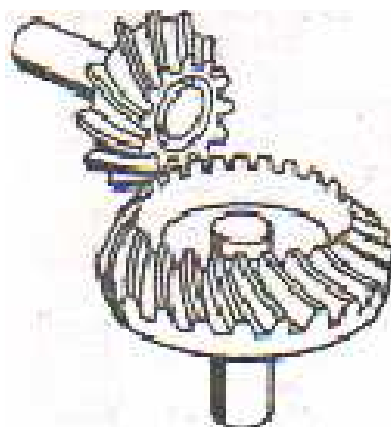
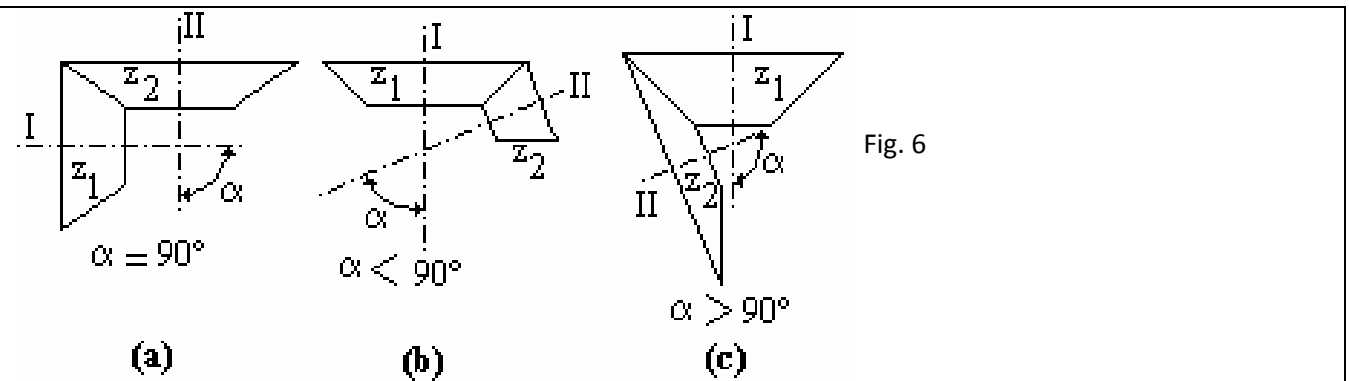


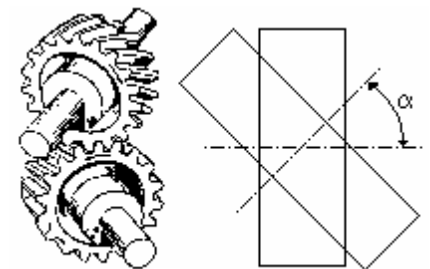
Fig. 5

- b) $\alpha < 90^\circ$, el cambio se produce en ángulo agudo y
- c) $\alpha > 90^\circ$ la dirección cambia en un ángulo obtuso (ver figura siguiente).

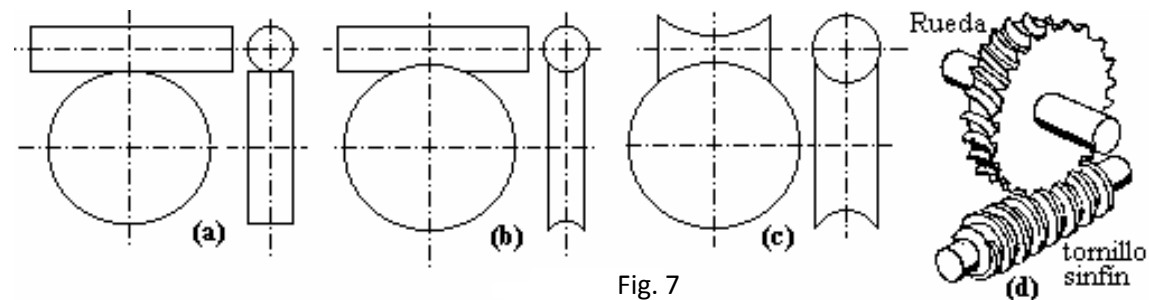


3- Ruedas cuyos ejes se cruzan en el espacio: son engranajes cilíndricos de dientes helicoidales cuyos ejes se cruzan en el espacio, lo que permite lograr el cambio de dirección de la transmisión del movimiento.

Los ejes pueden cruzarse en forma oblicua, formando un ángulo α menor a 90° o en forma perpendicular (Figura), donde α es igual a 90° . Estos engranajes son de dientes helicoidales.



4- Engranajes de rueda y tornillo sinfín: se pueden presentar tres casos (fig. 7), según sea el perfil de los dientes y filete que presenta la rueda y el tornillo sinfín respectivamente, los cuales se indican esquemáticamente en la figura: en (a) se tiene ambos de perfiles cilíndricos, la figura (b) muestra la rueda de perfil globoide y el tornillo sinfín cilíndrico, y en la figura (c) tanto la rueda como el tornillo sinfín presentan perfiles globoides. La figura (d) muestra como engranan una rueda de perfil globoide y un tornillo sinfín cilíndrico.



CARACTERÍSTICAS DE LOS ENGRANAJES

Para proceder a su estudio es preciso tener presente una serie de términos que constituyen sus características generales (fig. 8). Estos términos son:

DIÁMETRO PRIMITIVO: En la antigüedad se transmitía movimiento a través de la fricción de dos ruedas lisas que podían tener el mismo diámetro o diámetros diferentes según se quisiera aumentar o disminuir la velocidad o la fuerza.

Como la transmisión de movimiento era defectuosa porque estas ruedas tendían a patinar se insertaron en la periferia de ambas una serie de rayos que comenzaron siendo de madera al igual que las ruedas.

Al diámetro de las mismas se lo conoce con la denominación de *diámetro primitivo* y su símbolo es D_p .

DIÁMETRO EXTERIOR: La distancia que existe desde la cresta de un diente hasta la cresta del diente opuesto es el diámetro exterior (D_e).

DIAMETRO INTERIOR: De la misma manera la distancia desde la garganta de dos dientes a su opuesto es el diámetro interior (D_i).

PASO CIRCUNFERENCIAL: Los engranajes pueden tener infinidad de dientes y se hace necesario definir una unidad de medida, la manera más simple está dada por el paso y este se determina por la distancia de un punto de un diente a otro correspondiente al diente siguiente. Esta medida se toma sobre el diámetro primitivo dándosele el nombre de paso circunferencial, si por ejemplo tenemos que un engranaje tiene 10 milímetros de paso, éste será medido en el diámetro primitivo, correspondiendo 5 milímetros al espesor del diente y 5 milímetros al espacio entre dos dientes. La longitud del diámetro primitivo desarrollado dependerá del número de dientes del engranaje.

MODULO: Se llama módulo a la relación entre el diámetro primitivo y el número de dientes del engranaje.

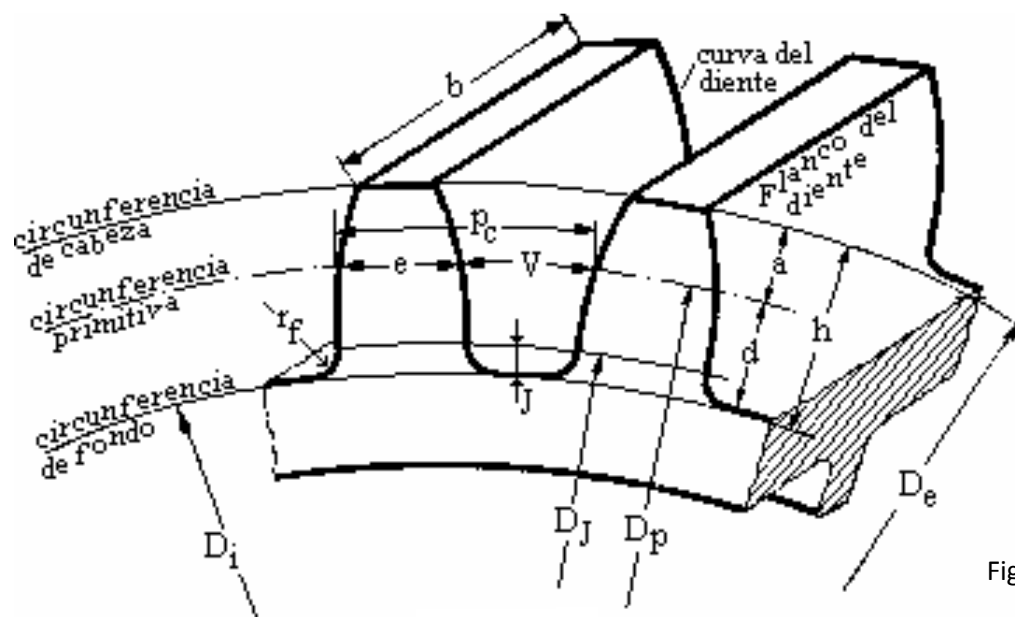


Fig. 8

CALCULO DE UN ENGRANAJE RECTO

Todos y cada uno de los términos que caracterizan un engranaje están relacionados entre sí (sobre todo con la unidad base llamada módulo), y que determinan, con cierta facilidad, todos los factores para proceder al cálculo.

Recordemos que:

m: Módulo

Dp: Diámetro primitivo

De: Diámetro exterior

Di: Diámetro interior

Z: Número de dientes.

Altura de cabeza del diente o adendo: es la altura radial **a** del diente, medida entre el D_p y el D_e .

Altura del pie del diente o dedendo: es la altura radial **d** del diente, medida entre el D_p y el D_i .

h: Altura del diente: es la suma de la altura de cabeza (**a**) y la del pie del diente (**d**).

p: Paso Circunferencial

e: Espesor del diente: es el grueso de un diente, medido sobre la circunferencia primitiva. Se lo toma generalmente como la mitad del paso circunferencial.

V: Vacío o hueco del diente: es el hueco entre dos dientes consecutivos, en el cual penetra el diente de la otra rueda que engrana con ésta. Teóricamente es igual al espesor.

Jr y Jl: Juego radial o de fondo y Juego lateral o tangencial del diente: también llamados holguras del diente, son los espacios J_r y J_l respectivamente que quedan, el primero entre la cabeza del diente de

una de las ruedas y la circunferencia primitiva de la otra a efectos de evitar la presión que pueda producir el contacto entre ambos, y además para permitir la deflexión de los mismos, permitir la lubricación y la dilatación térmica, cuando están engranando entre sí (ver figura 9).

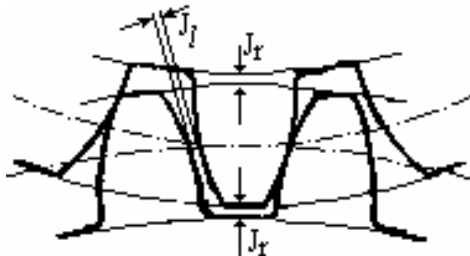


Fig. 9

Diámetro primitivo $Dp = m \cdot Z$

Diámetro exterior $De = Dp + 2 \cdot m$

por lo tanto $De = m \cdot Z + 2 \cdot m$

Sacando factor común (m) nos queda: $De = m \cdot (Z + 2)$, y despejando

Módulo $m = \frac{De}{Z+2}$

Altura del diente: $h = 2,167 \cdot m$

Diámetro interior: $Di = De - 2h$

Paso Circunferencial: $p_c = \frac{\pi \cdot Dp}{Z}$

Espesor del diente: $e = \frac{p_c}{2}$

Con todos estos datos podemos realizar el tallado de engranajes, pero debemos tener en cuenta que con frecuencia se presentan situaciones en donde los cálculos del mismo no se encuentran ordenados y posiblemente el engranaje a construir no tenga demasiados datos, es decir que se puede presentar la ocasión en que nos traigan un engranaje tan gastado en que sea difícil o imposible medir su diámetro exterior, altura del diente o deformado su módulo, por esa causa tenemos esta cantidad de cálculos y utilizaremos el más conveniente.

EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN:

Si tuviéramos que tallar un engranaje cuyo diámetro exterior fuera de 64,75 mm y su módulo 1,75 mm. Los demás datos los podríamos calcular de la siguiente manera:

$$Z = \frac{De}{m} - 2 = \frac{64,75 \text{ mm}}{1,75 \text{ mm}} - 2 = 35 \text{ dientes}$$

$$Dp = m \cdot Z = 1,75 \text{ mm} \cdot 35 = 61,25 \text{ mm}$$

$$h = 2,167 \cdot m = 2,167 \cdot 1,75 \text{ mm} = 3,79 \text{ mm}$$

$$Di = De - 2 \cdot h = 64,75 \text{ mm} - 2 \cdot 3,79 \text{ mm} = 55,419 \text{ mm}$$

Para el cálculo diferencial tenemos que 40 vueltas del cabezal divisor corresponde a una vuelta del material a tallar, pero como debemos tallar 35 dientes, entonces hacemos 40 dividido 35, esto nos da 1 vuelta entera del divisor y nos sobran 5. Como resultado tenemos que dar una vuelta y 5 agujeros en la circunferencia de 35 por cada diente a tallar, pero como no tenemos circunferencia de 35 actuamos de la siguiente manera:

Multiplicamos ambos miembros de la fracción por el mismo número de manera de obtener una fracción equivalente y cuyo denominador corresponda a algún número de agujeros de los discos de la fresadora.

$$\frac{5}{35} = \frac{1}{7} = \frac{3}{21} \text{ Es decir que nos queda una vuelta y 3 agujeros en la circunferencia de 21.}$$