

Foto: www.vouthministrytips.com

# Piñones

## Diente por diente y vuelta por vuelta

María Cristina Rojas

Periodista Metal Actual

Una mirada en detalle a los engranajes

La imagen del piñón evoca la concepción de una gran idea, representa el ingenio de la humanidad su progreso y modernidad. Es la clave del movimiento y el símbolo de la ingeniería, ciencia que le ha dado lustre y desarrollo a la industria metalmecánica.

Así como la rueda revolucionó la historia del hombre, el piñón cambió la historia de la máquina-herramienta, mejorando velocidad y potencia, ampliando sus aplicaciones e influyendo en su evolución. Hoy su utilidad es infinita: puede ser, la esencia de un reloj mecánico ó la pieza clave de cualquier sistema de velocidades.

Por definición, es una rueda o cilindro dentado que engrana en otra mayor formando un mecanismo para la transmisión del movimiento a un eje. Se presenta de variadas formas y materiales, construidos a través de diferentes procesos de moldeo, tratamiento y mecanizado.

La combinación de dos o más piñones se llama engranaje y el conjunto de dos o más engranajes, se llama tren de engranajes. Estos sistemas se utilizan sobre todo para



transmitir movimiento giratorio, pero usando piñones apropiados y piezas dentadas planas, puede transformar movimiento alternativo adelante y atrás en giratorio y viceversa. Un engranaje básico está formado por dos ruedas dentadas: la mayor denominada corona, y la menor, piñón.

Se pueden identificar las siguientes partes en todos los piñones, sin importar su tipo o clasificación:

- Manzana o cubo: parte central del engranaje que abraza al eje y queda unida a él por intermedio de una chaveta o pasador.
- Rayos: elementos encargados de unir los dientes con la masa que pueden ser remplazados por una parte maciza, o un disco.
- Llanta o corona: anillo circular donde van tallados los dientes.
- Dientes: elementos tallados en la rueda o cilindro, destinados a la transmisión del movimiento. Constan de una cabeza (parte desde el diámetro primitivo hasta el diámetro exterior en una vista frontal), un pie (parte desde el diámetro primitivo hacia el diámetro interior también vista de frente) y el flanco (superficie lateral del diente donde se produce la rodadura o el empuje de un diente con otro).

#### Clasificación

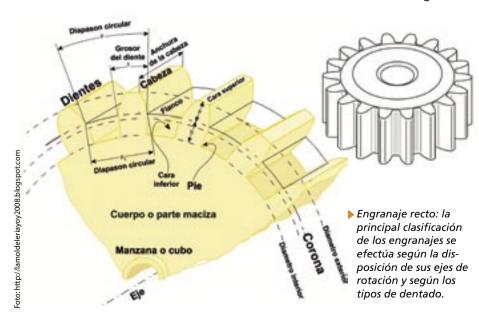
Generalmente está dada por dos tipos de piñones: rectos y de transmisión por cadena. Los primeros consisten en una rueda con dientes paralelos al eje tallados en su perímetro que transmiten movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, son engranajes sencillos, donde el eje impulsado gira en sentido opuesto al eje impulsor. Según la forma de los dientes se clasifican en:

- Helicoidales: los dientes de estos engranajes no son paralelos al eje de la rueda dentada, sino que se enroscan en torno al eje en forma de hélice. Estos engranajes son apropiados para grandes cargas porque los dientes encajan formando un ángulo agudo mayor de 0° y menor de 90° en lugar de un ángulo recto, de 90°. Tienen un funcionamiento relativamente silencioso. Se utilizan en las transmisiones posteriores de camiones y automóviles. Representan una forma desarrollada de transmisión, capaz de aportar formas y resistencias imposibles de obtener con los engranes rectos
- Cónicos: los engranajes cónicos, así llamados por su forma, tienen dientes rectos con un determinado ángulo y se emplean para transmitir movimiento giratorio



entre ejes no paralelos. Están construidos de tal modo que si sus ejes se prolongaran, se encontrarían en un punto o vértice común. Pueden tener dientes rectos, en arco o en espiral, dependiendo las condiciones de trabajo y trazado.

- a. Cónicos rectos: son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90°. Estos engranajes generan mayor ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas. En la actualidad se usan muy poco.
- b. Cónicos-helicoidales: al igual que el anterior, se utilizan para reducir la velocidad en un eje de 90°. La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto.
- c. Cónico hipoide: parecidos a los cónicos helicoidales, se diferencian en que el piñón de ataque –el cual recibe directamente la fuerza del movimiento– está descentrado con respecto al eje de la corona, permitiendo que los engranajes sean más resistentes. El efecto ayuda a reducir el ruido del funcionamiento y se utilizan en máquinas industriales y embarcaciones, donde es necesario que los ejes no estén al mismo nivel.





• Engranajes cilíndricos: se fabrican a partir de un disco cilíndrico cortado de una plancha o de un trozo de barra maciza redonda. Este disco se lleva al proceso de fresado, en donde se retira material para formar los dientes. La fabricación de estos engranajes es la más simple, por lo tanto reduce sus costos. Los engranajes cilíndricos se aplican en la transmisión entre ejes paralelos que se cruzan.

A su vez los engranajes cilíndricos se clasifican en:

- a. Engranajes cilíndricos helicoidales: son aquellos en donde se forma un ángulo entre el recorrido del diente y el eje axial, con el fin de asegurar una entrada progresiva del contacto entre diente y diente. En estos engranajes se reduce el ruido y se aumenta la resistencia de los dientes. Estos engranajes se utilizan generalmente en las cajas reductoras de velocidades en automóviles.
- b. Engranajes cilíndricos bi-helicoidales: cumplen la función de dos engranajes helicoidales. Poseen las ventajas de los cilíndricos helicoidales, o sea bajo ruido y alta resistencia. Al igual que los engranajes helicoidales se utilizan en las cajas de reducción donde se requiere bajo ruido. Ejemplo: reductores de plantas de procesamiento de cemento.
- c. Engranaje cilíndrico recto: es el engranaje donde la sección de corte se mantiene constante con respecto al eje axial. Es el engranaje más sencillo de fabricar y el más antiguo. Actualmente se utilizan poco, ya que generan mucho ruido. Se encuentran en molinos de caña de azúcar, y en prensas mecánicas.
- Sin fin y corona: permiten la transmisión de potencia sobre

- ejes perpendiculares. Es un caso extremo de engranajes hipoidales, ya que está descentrado al máximo. Se aplica para abrir puertas automáticas de casas y edificios, su aplicación más común es en los reductores de velocidad o motorreductores. Poseen además un bajo costo y son autobloqueantes. Es decir que es imposible mover el eje de entrada a través del eje de salida.
- Transmisión por cadena: básicamente es una rueda dentada en la cual engrana o caza la cadena para transmitir la fuerza al eje. Lo característico de la forma del diente es su fondo en medio círculo para que en este sienten los rodillos de la cadena. (2) Allí el piñón que da la fuerza es el "conductor" y el "conducido" el que recibe la fuerza y que en general es el más grande. El ejemplo más sencillo es el mecanismo de transmisión de las bicicletas.

Su nomenclatura está asociada al número de la cadena que debe engranar, el tipo de manzana con la que está construido y por último al número de dientes así: 60B18 significa cadena número 60, manzana B y 18 dientes. Generalmente el orificio central de estos piñones es pequeño y está diseñado para ser agrandado al diámetro requerido.



Tornillo Sin Fin y Corona: ruedas dentadas que engranan con un tornillo.



Los hay de varios tipos y estilos dependiendo del fabricante. Los más conocidos son:

- Tipo A: es un disco dentado sin manzana alguna y fabricado con un hueco central pequeño.
  Se fabrica hasta las 23 pulgadas (584mm) y en mayores diámetros si es necesario.
- Tipo B: son macizos y enterizos con manzana hasta 140mm. Y dobles o triples –de dos o tres hileras de dientes–.
- Tipo C: son similares al tipo B pero se diferencian de ellos por tener manzana a ambos lados.
- Tipo D: la corona dentada y su montura son enterizas. Son económicas porque cuando se presenta desgaste, se remplaza solamente la corona. La limitante es que no es viable para pequeños diámetros.

#### **Materiales**

Los piñones se fabrican hoy en distintos materiales. El más común es el acero de medio carbono, pero se emplea también el bronce para piezas del engranaje en el caso del sinfín-corona, el plástico es utilizado en mecanismos con pocas exigencias de transmisión de potencia.



Los piñones plásticos son fabricados por varios procedimientos entre los que se encuentra el método el mecanizado por arranque de virutas y el moldeo, esta última se hace por inyección y es la más utilizada por los buenos resultados de calidad en las piezas.

Los engranajes de plástico de ingeniería son preferidos por su bajo nivel de ruido, la posibilidad de su uso en ambientes secos, húmedos o polvorientos, su buena resistencia al deterioro y a la abrasión, el bajo costo de fabricación, bajo peso específico, resistencia a los golpes, tolerancias dimensionales menos críticas y una función de punto débil para prevenir daños a partes costosas del equipo.

En el caso de los aceros para la producción de piñones se cuenta con una amplia gama ajustada de acuerdo a la necesidad de cada maquinaria o uso.

### Fabricación y Tratamiento

Diseñar, proyectar y escoger una transmisión de potencia con piñones requiere tener en cuenta varios factores: los caballos de fuerza a transmitir –potencia–, revoluciones por minuto del piñón conductor, las revoluciones por minuto requeridas del piñón conducido, el diámetro del eje del motor en el que va montado el piñón conductor, el tipo de fuerza a transmitir, el tipo de máquina a operar, los caballos de fuerza que la máquina consume al operar, la posición de la transmisión, la distancia entre los centros de los ejes, el diámetro del eje del piñón conducido, las limitaciones de espacio o campo operativo, el número de horas continúas de trabajo y las condiciones ambientales a las cuales va a estar sometida la pieza.

Después de su concepción, y dependiendo del material su fabricación contempla varias etapas: para elaborar y formar los dientes se utilizan distintos procesos entre los cuales están el colado en arena, moldeo en máscara, fundición por revestimiento, colada en molde permanente, colada en matriz o fundición centrífuga. También se puede utilizar la pulvimetalurgia (metalurgia de polvos) o extrusión para luego ser mecanizado.

Uno de los métodos más usados es el formado en frío donde unas matrices giran y moldean los dientes. La calidad y propiedades del material son muy buenas con este método, ya que no hay afectación por efectos de la temperatura. Posteriormente para darle el acabado final se maquina por fresado, cepillado o formado con sinfín, bruñido, esmerilado o pulido con rueda.



Los registros más antiguos de piñones se remontan a China, Grecia, Turquía y especialmente a Damasco, famosa por usar engranajes en máquinas de guerra.

Un engranaje se puede mecanizar en una fresadora universal con la ayuda de un plato divisor, si es un engranaje recto, o de una transmisión cinemática si es un engranaje helicoidal, pero este medio de mecanizado apenas se utiliza porque es muy lento y se obtiene mala calidad del trabajo. Para la producción en serie de piñones se utiliza maquinaria especial: talladoras de fresa madre, la cual mediante un movimiento sincronizado de corte ranura los dientes al mismo tiempo. se pueden tallar todas las formas de engranajes cilíndricos o helicoidales en cualquier material.

Hasta este punto se realiza el mecanizado de la pieza en su forma, pero es necesario aplicarle algunos tratamientos para darle características de dureza y resistencia a los dientes según sea la necesidad así:

- a. Carburizado: es uno de los más usados, el engrane cortado se coloca en un medio carburizante y se calienta la capa superficial de los dientes del engranaje que absorbe el carbono, el cual penetra para dar la profundidad de endurecido requerida.
- b. Nitrurado: encargado de darle un endurecimiento superficial aplicado a engranajes de acero aleado. Se efectúa mediante gas de amoniaco descompuesto en

nitrógeno atómico e hidrógeno sobre la superficie del acero. La zona que no va a ser nitrurada debe ser cubierta con placas de cobre, antes de ser calentado a 538° centígrados aproximadamente.

- c. Endurecimiento por inducción: dado por medio de corrientes alternas de alta frecuencia y un temple controlado por medio de un baño de rocío. Antes del endurecimiento por inducción el disco del engranaje se trata térmicamente.
- d. Endurecido con flama: dando un endurecimiento superficial por medio de una flama oxiacetilénica con quemadores especiales. Básicamente es el método por el cual se hace un endurecimiento de la superficie al calentar el metal con una flama de alta temperatura, seguida por un proceso de templado.



### **Usos y Mantenimiento**

Los usos de los piñones son tan amplios como maquinaria existente a nivel mundial. Donde exista movimiento y velocidad, seguramente habrá un piñón. Toda la industria goza de sus beneficios en motorreductores. prensas, sistemas de alimentación, instalaciones especiales para energía eólica, transportadores de cadena e instalaciones de desbastado en minería, en la maquinaria de remoción de materiales como excavadoras. recogedores de desperdicios, escombradoras, cintas transformadoras, instalaciones de elevación, cabrias, dispositivos giratorios, trituradoras, bandas transportadoras de residuos, engranaje para hélices en construcción naval, dragado de canales e instalaciones portuarias, convertidores y engranajes para montacargas en los altos hornos de metalurgia, en el cierre v apertura de esclusas v puertas elevadoras, prensas de pulpa, mezcladoras, lavadoras, infraestructura de transporte y agitadoras en la industria azucarera, entre otras.

Los piñones son tan vitales en el diario devenir de todas las industrias, que una falla en ellos representa pérdidas importantes por paros: reparaciones y reposición de partes. Se pueden presentar daños en ellos



Existe una gran variedad de formas y tamaños de engranajes, desde los más pequeños usados en relojería e instrumentos científicos (se alcanza el módulo 0,05) a los de grandes dimensiones.



por un mal engrane, desgaste, inadecuado tratamiento térmico, mal montaje, choques fuertes, sobrecargas, desprendimiento de partículas, grietas, o combinación de varios de estos factores.

Las causas más frecuentes están asociadas al 'desgaste' que puede ser de tipo adhesivo, abrasivo, corrosivo, por cavitación, corrientes eléctricas o freeting –rozamiento por contacto–, a una mala lubricación y un mantenimiento deficiente o inexistente.

El lubricante en los piñones cumple unas funciones muy importantes: minimiza el contacto metal-metal por lo tanto reduce la fricción y el desgaste, disminuye la vibración y el ruido, disipa el calor generado, protege contra herrumbre, corrosión y picaduras, remueve los desechos de la zona de contacto y aumenta la vida del equipo.

Es por ello que su escogencia debe estar en primera instancia adaptada a la recomendación del fabricante y en segundo término a factores indicadores como el tipo de engrane, la velocidad del piñón, la temperatura de operación, la potencia de entrada, la relación de transmisión, el tipo de carga, método de aplicación, el medio ambiente y las condiciones de operación y montaje.

El nivel de aceite será también un punto importante en el proceso de mantenimiento de la maquinaria. Un alto nivel produce una agitación adicional del lubricante que aumenta la temperatura de operación del sistema, eleva el gasto de energía para el funcionamiento y adelgaza el lubricante haciéndole perder sus propiedades.

Un bajo nivel también es perjudicial si se tiene en cuenta que se puede presentar contacto metal-metal –fricción sólida– elevando la temperatura y favoreciendo la fricción, el desgaste y la falla del piñón.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que en los engranajes sinfín corona, por ejemplo, el lubricante debe tener un alto nivel de adherencia a la superficie ya que, por su forma y contacto trata de sacar la película en la zona de contacto del material, y para engranajes descubiertos y de bajas velocidades, en lugar de aceites, se utilizan grasas. "Los fabricantes de lubricantes tienen unas tablas específicas para ayudar a los industriales a obtener el indicado para cada ocasión y maquinaria", afirma el Ingeniero Luis Eduardo Benitez, profesor titular, maestro Universitario y Director del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia.

El mantenimiento por tanto es un punto que no pueden olvidar los industriales. "Un mantenimiento preventivo es crucial para el proceso. Incluso las condiciones ambientales son distintas para cada caso, las cuales hay que en cuenta a la hora de mantener los equipos. En ocasiones se presentan ambientes abrasivos que corroen fácilmente los piñones y para los cuales es necesario incrementar las supervisiones de mantenimiento", comenta Arturo Aljure, gerente de Intermec S.A.

### Mercado Colombiano e Internacional

Son pocas las empresas nacionales que pueden fabricar piñones complejos, por eso casi siempre importan las piezas.

Las importaciones hechas en los últimos años hablan de esta situación: del 2005 al 2006, la importación de bienes de capital representó un 62 por ciento del total efectuado por Colombia, mostrándose un incremento del 42 por ciento representado en máquinas y aparatos de oficina, herramientas, partes y accesorios de maquinaria industrial.

En el 2007 siguió la tendencia con un crecimiento del 49,1 por ciento donde las mayores compras se hicieron en el grupo de calderas, máquinas y partes, representadas en 687 millones de dólares.

Contrastando con esta situación, la academia colombiana, que acompaña a muchas pymes en su proceso de modernización, reporta una situación alentadora. Según el catedrático de la Universidad Nacional, Ernesto Córdoba: "Hoy, por ejemplo, tene-

mos una experiencia exitosa entre Industrias Ramfé, Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia, donde se ha logrado la conversión de máquinas medidoras de engranajes a tecnología CNC Código 110108-12360. Lo que permite no solo la automatización del proceso de control de calidad dimensional, sino también la confirmación del grado de calidad de los engranajes hasta nivel DIN 5.

Esto demuestra que hay que mirar desde todos los ámbitos hacia la autosuficiencia empresarial para llegar a mercados internacionales. Además es una prioridad la participación del estado con una política fuerte de apoyo a la investigación".

Por su parte, la producción de engranes por cadena, presenta una situación un poco distinta. Se ha logrado tener una calidad considerable que le permite a la industria colombiana llegar a mercados de Suramérica y Centro América. En este segmento de producción se puede generar un stock amplio ya que las características técnicas adaptadas a las normas internacionales son estándar, lo que de paso favorece la adecuación de las piezas para las distintas necesidades industriales.

La única limitante está en la provisión existente en el país de algunos tipos de aceros importados para piezas específicas –que los productores dicen– no se consiguen en localmente. Pero el proceso de concientización y modernización de la industria ha permitido que se pueda producir piñones con una calidad de exportación.

La piñonearía como parte de la industria metalmecánica está en un punto intermedio, el alto grado de dificultad de maquinado encarece su fabricación, las perdidas de potencia por fricción, elevadas temperaturas de servicio, bajo nivel de precisión por desgaste y exceso de ruido contaminante, hacen que pocas empresas se dediquen a elaborarlos. Sin embargo, estos mismos problemas se han convertido internacionalmente en generadores de soluciones.

Las nuevas exigencias de diseño y precisión han resultado en desarrollos innovadores, más eficientes, con equipos electrónicos de velocidad controlados por software de control numérico (CNC).

Es allí donde la industria nacional necesita superar las barreras, aprovechando las nuevas tecnologías y modernizarse para garantizar la posibilidad de incursionar de forma competitiva en la fabricación y comercialización de estos mecanismos, incluso apuntándole a los mercados internacionales.

#### **Fuentes**

- Arturo Aljure Q. Ingeniero Mecánico. Gerente Intermec S.A. desarrollo@intermec. com.co
- Luís Eduardo Benítez. Ingeniero Mecánico. Maestría en Administración de Empresas. Profesor Titular y Maestro Universitario. Director del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional De Colombia. lebenitezh@unal.edu.co
- Manual de engranajes, DARLE W. DUDLEY
- Elementos de las Máquinas, SHIGL
- Monografía Ingeniería Mecánica Pontificia Universidad Católica del Perú. Gerardo Dallaporta, Roberto Portugal, Javier Motta, Hugo Diestra y Cesar Tejada.
- Breve y parcial historia de los engranes. Manuel G. Rodríguez R., Moisés Hinojosa R., Ubaldo Ortiz M. Ingenierías, Julio-Septiembre 2002, Vol. V, No. 16



Hay una gran gama de engranajes en el mercado, desde engranajes rectos hasta los helicoidales de gran rendimiento.