



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO EN CELAYA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“PARAMETRIZACION DE PIÑÓN HIPOIDE PARA TALLADO EN
FRESADORA UNIVERSAL”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE INGENIERÍA MECÁNICA**

PRESENTA:

ING. CARLOS ALBERTO SILIS MALDONADO

ASESOR:

M.I. BENJAMÍN ARROYO RAMÍREZ

Celaya, Guanajuato,

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de tablas	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
Capítulo 1. Marco de Referencia	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación	4
1.4 Hipótesis	5
1.5 Objetivos	5
1.6 Alcances y Limitaciones	5
Capítulo 2. Marco Teórico.	6
2.1 Introducción al engrane	6
2.2 Nomenclatura	6
2.3 Diseño	9
2.4 Ley fundamental del engrane	9
2.5 Tipos de engrane cónico	10
2.6 Relaciones de tamaño	12
2.7 Parámetros de engranaje hipoide	13
2.8 Numero de dientes	13
2.9 Producción de engranajes por tallado	15
2.10 Tallado por reproducción	15
2.11 Herramientas para fabricación	17

2.12 Materiales	25
2.13 Cabezal Divisor	27
Capítulo 3. Metodología	29
3.1 Introducción	29
3.2 Diseño Cinemático	31
3.3 Fabricación	34
3.4 Selección del Material	37
3.5 Validación	38
Capítulo 4. Análisis de Resultados	39
Conclusión	40
Referencias	41

Índice de figuras

Figura 1.1 Mecanismo de Anticitera	3
Figura 1.2 Funcionamiento del diferencial	5
Figura 1.3 Conjunto ensamble diferencial	5
Figura 2.1 Sección axial	7
Figura 2.2 Nomenclatura Hipoide	8
Figura 2.3 Engranaje cónico recto	10
Figura 2.4 Engranaje cónico espiral	11
Figura 2.5 Engranaje cónico zerol	12
Figura 2.6 Engranaje hipoide	12
Figura 2.7 Desplazamiento Hipoide	14
Figura 2.8 Tallado engranaje por cepillado	16
Figura 2.9 Tallado engranaje por fresa módulo	17
Figura 2.10 Proceso de generado de engranaje	18
Figura 2.11 Generación de envolvente y analogía del rollo de hoja de papel	19
Figura 2.12 Perfil básico de fresa madre	20
Figura 2.14 Brocha típica para interiores y operaciones	20
Figura 2.15 Talladores típicos para engranajes rectos y helicoidales	21
Figura 2.16 Operación de tallado	21
Figura 2.17 Desbarbador	23
Figura 2.18 Proceso de desbarbado	24
Figura 3.1 Diagrama de fabricación	29
Figura 3.2 Acción de dureza	32
Figura 3.3 Dimensión del par hipoide	32
Figura 3.4 Número de dientes	33

Índice de tablas

Tabla 2.1 Tamaño del diámetro del piñón	21
Tabla 2.2 Número aproximado de dientes del piñón	22
Tabla 3.1 Parámetros del piñón hipoide	37
Tabla 3.2 Parámetros de fresado de piñón hipoide	38

Resumen

En este presente trabajo de tesis, se presenta la fabricación de un piñón hipoide utilizando maquinas herramientas. Los engranajes hipoides se caracterizan por su capacidad par transmitir movimiento entre ejes no paralelos y su uso en aplicaciones de alto rendimiento como por ejemplo sistemas industriales.

El objetivo principal de ete documento es desarrollar un proceso de fabricación eficiente que garantice la alta calidad y precisión de los engranes hipoides. Para ello, se han investigado las propiedades geométricas asi como los parámetros críticos del proceso de mecanizado. Se trabajo con tecnología al alcance de cualquier taller que son las maquinas herramientas, coloquialmente llamadas maquinas convencionales.

Los resultados obtenidos demuestran que es posible alcanzar altos niveles de precisión y calidad en la fabricación de engranajes hipoides mediante la correcta selección y optimización de las condiciones de corte y el uso de las maquinas herramientas.

Abstract

The name given to hypoid gears comes from the geometric locus they represent, two hyperboloids in revolution; The position that this characteristic represents defines the eccentricity and the angle of convergence that makes them so characteristic. These gears are different from the usual conical or helical gears, but they also have some advantages, including overlapping capacity and reduced noise. Compared to bevel gears, the fact that their axes are not concurrent stands out, they have several teeth in contact in the same radial plane and in this way characteristics such as continuity and noise reduction are ensured. Thanks to its characteristics, this type of mechanism is used for activities that require great load force or where noise and precision of movements are a decisive factor and we can find them in very common elements such as the transmission assembly of a car, to an angle polisher, and in precision application in FANUC industrial robots.

Introducción

En la manufactura moderna, la precisión y la eficiencia son elementos clave par el éxito industrial. Un componente muy esencial en muchos sistemas mecánicos es el engrane hipoide, conocido por su capacidad para transmitir potencia de manera suave y eficiente sobre todo para aplicaciones no perpendiculares.

La fabricación de estos sistemas presenta desafíos significativos debido a su geometría compleja y las tolerancias tan exigentes que se requieren para asegurar su funcionamiento. La parametrización en una maquina fresadora se convierte en una opción para optimizar la producción y alcanzar los estándares de calidad requeridos.

En la industria estos elementos están presentes en muchas aplicaciones, desde la industria automotriz hasta una simple pulidora, algunos de ellos presentes en herramientas que están al alcance de todos y otros en elementos sumamente complejos que día con día sufren actualizaciones haciendo los equipos cada vez mas eficientes quedando atrás muchos de sus componentes.

Esta tesis tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de parametrización para el tallado de engranes hipoides en maquinas fresadoras.

A travez de la presente investigación se pretende contribuir al avance del conocimietno en el capo de la ingeniería mecánica y desarrollar una herramienta practica para la producción eficiente de este sistema de engranajes.

La fabricación de engranes hipoides en una fresadora universal representa una alternativa para fabricar un juego de engranes hipoides que ya no se encuentran en venta, a un costo más accesible, además de que optimiza el proceso de producción, y garantiza un alto grado de versatilidad y adaptabilidad en la maquina utilizada.

La fresadora universal permite a los talleres reducir costos operativos al integrar múltiples procesos de mecanizado en una sola máquina lo que minimiza la necesidad de equipos adicionales y reduce el tiempo y costo de configuración en comparación con una maquina Gleason.

Capítulo 1

Marco de Referencia

Entre los mecanismos de transmisión de movimiento, uno de los más exitosos es el basado en engranes, ya que se consiguen movimientos de manera continua, semicontinua o alterada y proveen una amplia gama de posibilidades de transmisión gracias a los diferentes tipos de diseño.

1.1 Antecedentes

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina “engrane” y la menor “piñón”. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. (Rodríguez 2013)

Como complemento al conocimiento técnico, es deseable conocer un poco de donde provienen estos elementos de máquinas. En épocas remotas, cuando surgía la necesidad de transportar, impulsar o subir algún elemento se utilizaban cuerdas y herramientas que eran fabricadas en madera para dar solución a ese tipo de problemas. (Rodríguez 2013)

A ciencia cierta nadie sabe cómo y cuándo fue que se inventaron los engranes, en la literatura de algunas culturas se mencionan, pero no apoyan con muchos detalles, sin embargo, han estado transmitiendo movimiento de una manera u otra por mucho tiempo. Los registros más antiguos de posibles diseños de engranajes provienen de la literatura de la antigua China, Grecia y Turquía. (R 2002)

Todas las máquinas requieren de una fuerza motriz. Antiguamente venía de animales, seres humanos o fuerzas naturales; hoy en día uno de los problemas principales de ingeniería es la transmisión de movimiento. El mecanismo más antiguo que consta de engranajes, es el mecanismo de Anticitera, véase figura 1.1, se trata de una calculadora astronómica datada entre los años 150 y 100 a. C. y que está compuesta por al menos 30 engranajes con dientes triangulares. Además, presentaba características donde el mecanismo estaba compuesto por más de un par de engranes

y con características de epicicloides que hasta el descubrimiento de este mecanismo, se creían inventados alrededor del siglo XIX. (Zayas 2013)

En china también existen ejemplos antiguos de máquinas con engranajes, un ejemplo es el “Carro que apunta hacia el Sur”. Consistía en un vehículo con ruedas que hacía uso de un sistema de engranajes diferenciales epicicloides (Serrano, 2010), utilizados en los automóviles actuales para aplicar cantidades iguales de torsión a las ruedas mientras estas giran a velocidades distintas cuando el vehículo gira. Los engranajes diferenciales se usan con el fin de mantener una figura de accionamiento mecánico hacia una posición fija. (Zayas 2013)

Es muy probable que los conocimientos de la época de Anticitera fueran trascendiendo siglo por siglo, de este modo favorecer al florecimiento de la ciencia y la tecnología de los siglos IX al XIII d. C. (Zayas 2013)

En el siglo XI se menciona el uso de engranajes en relojes mecánicos tanto de engranajes epicíclicos como de segmentados. En los inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó para el desarrollo de sofisticados relojes de edificios públicos como catedrales etc. (Rodriguez 2013)

El artista Albrecht Dürer grabó en madera un vehículo diseñado para el emperador Maximiliano I en el siglo XV. Este vehículo era conducido por tornillos sinfín en las cuatro ruedas. Los primeros datos que existen sobre la transmisión de rotación angular uniforme por medio de engranajes corresponden al año 1674, cuando Olaf Roemer, propuso la forma del diente en epicicloide; es muy posible que fuera Phillipe de Lahire el primero en concebir el diente con perfil de envolvente en 1665. (Zayas 2013)

La primera aplicación práctica del diente en envolvente fue debido al suizo Leonhard Euler. (Rodriguez 2013)

Richard Roberts construyó diversas máquinas–herramientas, algunas de su propio diseño, fue el primero en fabricar una máquina cortadora de engranes. En 1820 Joseph Woolams inventó los engranes helicoidales, así como también los herringbone o también llamados helicoidales dobles. Robert Willis, considerado uno de los primeros ingenieros mecánicos, fue el que obtuvo la primera aplicación práctica de la epicicloide

al emplearla en la construcción de una serie de engranajes intercambiables. También empleo la envolvente de círculo en el perfil del diente. (Zayas 2013)



Figura 1.1 Mecanismo de Anticitera.

Desde tiempos muy antiguos, los engranajes se han utilizado como sistema de transmisión, aunque su forma y los materiales empleados en su construcción han evolucionado. En la antigüedad fueron muy conocidos los inventos de Hero, un sabio griego de la escuela de Alejandría, que construyó muchos aparatos que funcionaban mediante engranajes. Al principio, los engranajes se construían de madera, pero, en la actualidad, los materiales que se emplean en su fabricación son principalmente los metales y los plásticos. (Zayas 2013)

En 1844, Joseph Whitworth perfeccionó una máquina para engranes de envolvente. En el año de 1874, William Gleason, inventó la primera fresadora de engranajes cónicos. Los engranes cónicos conectan dos árboles que se intersecan a cualquier razón dada de velocidades. Los engranes cónicos que conectan árboles y que sus ejes no se intersecan se llaman engranes cónicos sesgados; este tipo de engranes especiales fue dado a conocer por la empresa Gleason Works y se usan en los productos para automóviles; se conocen como engranajes hipoidales; aunque no son engranes cónicos verdaderos. En virtud de que un perfil de diente de “involuta esférica” tiene un diente combado, la empresa Gleason utilizó un diente combado con flancos rectos, y obtuvo como resultado engranes cónicos. (R 2002)

A causa de la forma con figura de un número 8 de la trayectoria teórica completa de contacto del diente, al perfil de los dientes se le ha dado el nombre de octoide. Los

engranes cónicos de flancos rectos, fabricados por medio de los cortadores recíprocos son de este tipo.

Posteriormente al emplearse más de los dientes curvos, las limitaciones prácticas de estos cortadores condujeron a la introducción de la forma esférica de los dientes, que en la actualidad constituye la base de todos los engranes cónicos de dientes curvos. La empresa Gleason también obtuvo perfiles no generados de dientes que se emplean para la producción de engranes hipoidales en la industria automotriz. (Arizabalaga 2004)

1.2 Planteamiento del problema

Actualmente la manufactura de engranes hiperbólicos está limitada a la generación por máquinas Gleason que muestran muchas ventajas en la producción en masa; existen gran cantidad de elementos de máquinas que dependen de sistemas hipoidales, tales como cajas de transferencia que son utilizadas en el campo de la minería, vehículos agrícolas y vehículos para el transporte, debido a que para fabricar un juego de engranes el herramental usado es exclusivo del juego en particular, es decir, el set de cortadores utilizado es único para fabricar engranajes con esas características y de ser necesario fabricar algún otro, con características distintas además del herramental se tendría que parametrizar la máquina Gleason con elementos únicos para un nuevo diseño, que tendrían un tiempo de entrega y un costo no tan accesible, por esta razón el mantenimiento se vuelve una parte crítica, sobre todo cuando la parte correctiva depende de una nueva refacción que se encuentra descontinuada o cuando el factor económico está fuera de su alcance.

1.3 Justificación

Una manera de generar estos elementos y que prácticamente se encuentra al alcance de cualquier taller, es tallando de estos engranes mediante una fresadora universal, impactando de una manera positiva en dos principales aspectos que son el económico y el aspecto donde se podría generar un engrane con características únicas que ya fue descontinuado y de esta forma evitar adaptaciones y/o modificaciones innecesarias al equipo de trabajo.



Figura 1.2 Conjunto de ensamble de un diferencial

1.4 Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo consta en que la fabricación de los engranajes hipoides se pueden fabricar de manera eficiente y precisa utilizando un proceso de fabricación en maquinas herramientas, siempre y cuando sea un proceso de parametrización adecuado. Este enfoque también permitirá la producción de engranes que cumplan los requerimientos de trabajo asi como la optimización de los recursos que se tienen.

La implementación de un sistema de parametrización estructurado permite controlar y optimizar los parámetros de corte como velocidad de corte, avance y ajuste en general de la maquina.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Tallado de un engrane cónico Hipoidales mediante maquinas herramientas

1.5.2 Objetivos específicos

Parametrizar una herramienta adecuada para el tallado del engrane

Identificar los parámetros esenciales del diseño, así como la correcta puesta a punto de la maquina fresadora.

Seleccionar y mostrar los accesorios y herramientas adecuados para la fabricación.

1.6 Alcances y limitaciones

La generación correcta de un engrane que cumpla con las características de un engrane hipoide.

El presente trabajo se limita al cálculo del engranaje y parametrización de una maquina fresadora universal para poder tallar un sistema de engranes hipoides.

Capítulo 2

Marco Teórico

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranes es que se obtiene una gran exactitud en la relación de transmisión a diferencia de las poleas donde la banda que transmite el movimiento de una a otra “patina”.

2.1 Introducción al engrane

Los engranajes son mecanismos destinados a transmitir potencia y movimiento entre los diferentes elementos de una máquina. Los engranajes y las transmisiones de engranajes están presentes en muchas de las máquinas que se pueden hallar tanto en el mundo industrial como en el doméstico. Los engranajes promueven el movimiento de las ruedas y hélices de los medios de transporte, ya sea por tierra, mar o aire.

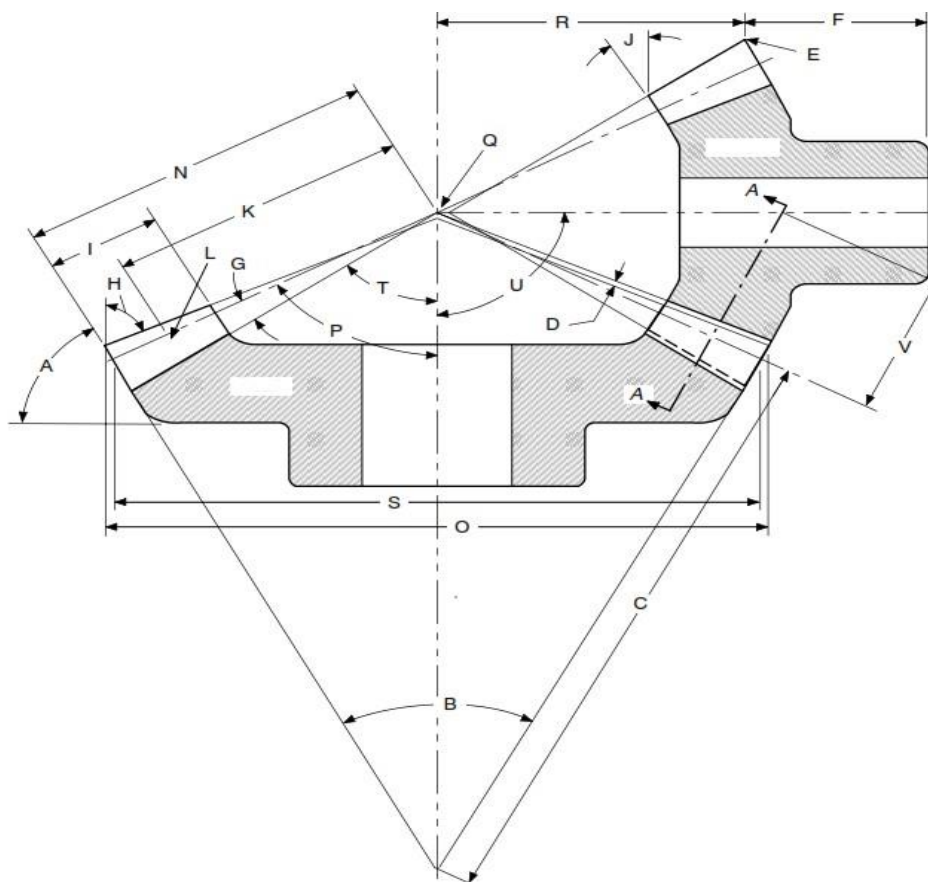
Un engranaje es un conjunto de dos ruedas dentadas cuyos dientes encajan entre sí, de tal manera que al girar una de ellas arrastra a la otra. Ahora bien, en el lenguaje corriente el término engranaje también se emplea para denominar las ruedas dentadas individualmente.

La transmisión de movimiento y fuerza mediante engranajes tiene importantes ventajas como por ejemplo mayor solidez de los mecanismos, reducción del espacio ocupado, relación de transmisión más estable (no hay posibilidad de resbalamiento), posibilidad de cambios de velocidad automáticos, reducción del ruido y mayor capacidad de transmitir potencia.

Los engranajes, debido a las ventajas que comporta su utilización, tienen un amplio campo de aplicación y se utilizan en todo tipo de máquinas y aparatos: automóviles, relojes, aparatos de cocina, etc.

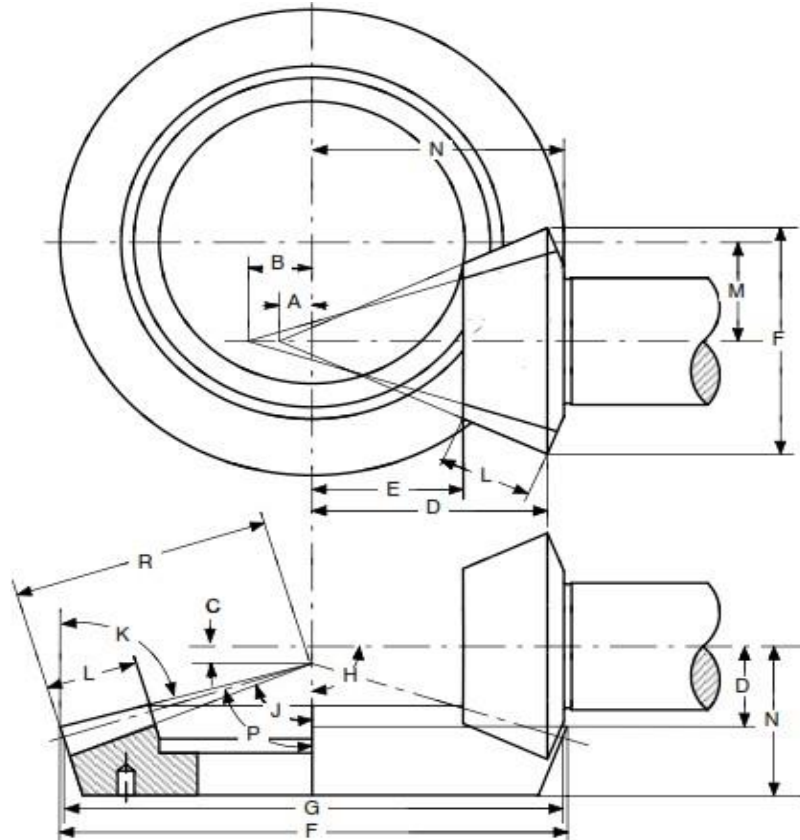
2.2 Nomenclatura

La nomenclatura del engrane cónico usada en este proyecto, se ilustra en la figura 2.1 la sección axial de un engranaje cónico y la figura 2.2 que muestra la nomenclatura de un engranaje hipoide. (AGMA 2005)



A	Angulo de respaldo	H	Angulo de cara	O	Diámetro exterior
B	Angulo de respaldo de cono	I	Ancho de cara	P	Angulo de paso
C	Distancia al respaldo	J	Angulo frontal	Q	Cúspide de paso del cono
D	Adendum	K	Distancia media al cono	R	Paso de la cúspide del cono a la corona
E	Punto de corona	L	Cara	S	Paso diametral
F	Respaldo de la corona	M	Distancia del montaje	T	Angulo de raíz
G	Angulo del dedendum	N	Distancia exterior del cono	U	Angulo del eje

Figura 2.1 Sección Axial.



Cara de la punta		Ancho de cara	
A	adelante del punto de cruce	F	Diámetro exterior
Punta de la Raíz		L	
B	después del punto de cruce	G	Diámetro de paso
Punta del paso		M	Diámetro del piñón
C	después del punto de cruce	H	Angulo del eje
Distancia de la corona al unto de cruce		N	Distancia de montaje
D		J	Angulo de raíz
Frente de la corona al punto de cruce		P	Angulo de paso
E		R	Distancia exterior del cono
		K	Angulo de la cara

Figura 2.2 Nomenclatura Hipoide.

2.3 Diseño

Los factores de carga, velocidad y la condición de trabajo deben ser definidos como el primer paso en el diseño de un conjunto de engranes hipoide. (AGMA 2005)

Una carga básica y un factor de protección adecuado que permita soportar cargas grandes y proporciones una vida útil se determina por la potencia del motor primario, su potencial de sobrecarga y la uniformidad de la de su par de salida.

La velocidad a la que un tren de engranes se somete debe ser conocida para determinar las cargas de inercia, el factor de velocidad, el tipo de equipo necesario, los requisitos de precisión, el diseño de montaje y el tipo de lubricación. (mecánica 2008)

2.3.1 Aspectos determinantes en el diseño de engranes hipoides

- Limitaciones del ruido
- Alta temperatura
- Presencia de elementos corrosivos
- Polvo
- Golpes repetitivos de marcha atrás
- Engranajes expuestos a intemperie

Dependiendo de las características de uso, algunas veces es difícil reconocer cuando es que se debe usar determinado tipo de engranes. Considerando los engranes hipoides, se recomiendan para velocidades periféricas de más de 1000 ft/min y para aplicaciones que requieran ser silenciosas; también son propios de usar para aplicaciones de cargas elevadas. (mecánica 2008)

2.4 Ley fundamental del engrane

Los dientes de engrane de cualquier forma evitarán que la transmisión patine. En los antiguos molinos impulsados por ruedas hidráulicas y en las ruedas de viento, se usaban engranes de madera, cuyos dientes eran espigas redondas de madera fijadas a la periferia de los cilindros conectados. (AGMA 2005)

Considerando la construcción de estos engranes primitivos, no había una posibilidad de transmisión suave de velocidad por que la construcción de los dientes infringía la

ley fundamental del engranaje; dicha ley expresa que la relación de velocidad angular entre los elementos de una transmisión de engranes debe permanecer constante en toda la conexión; esta relación de velocidad equivale a la razón del radio del engrane de entrada al engrane de salida. (AGMA 2005)

Los engranes cónicos se describen por las dimensiones paramétricas en el extremo del talón de los dientes, el paso, diámetro de paso y las dimensiones del diente como el addendum. En el extremo grande del engrane, el perfil del diente se aproxima a aquellos generados en un círculo de paso de engrane recto de radio igual a la distancia del cono posterior.

2.5 Tipos de engranes cónicos

Los engranes cónicos son los apropiados para transmitir poder entre ejes a prácticamente cualquier ángulo o velocidad. Sin embargo, el más adecuado tipo de engranes para una aplicación es dependiendo del montaje, espacio disponible y condiciones de operación.

2.5.1 Cónico recto

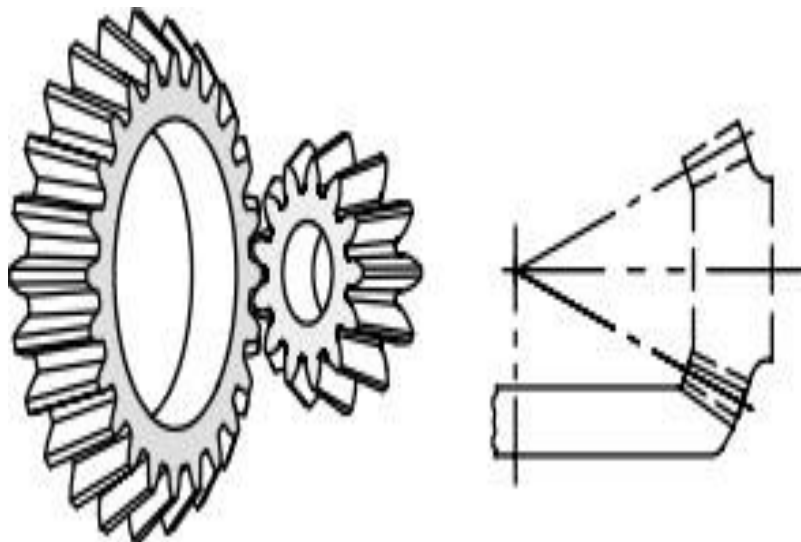


Figura 2.3 Engrane cónico Recto.

Los engranajes cónicos rectos son la forma más simple de los engranajes cónicos. El contacto en el engrane conducido empieza en la parte superior del diente y continua hasta la raíz. Tienen dientes que son rectos y cónicos que si se extienden hacia el interior se interceptarían en un punto en común en el eje véase figura 2.3.

2.5.2 Cónicos espiral

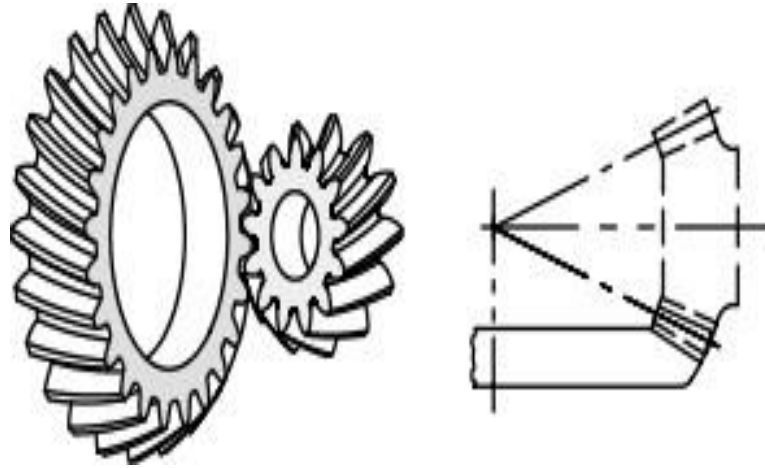


Figura 2.4 Engranaje cónico Espiral.

Los engranes cónico espiral tienen una curvatura oblicua en los dientes en el que el contacto empieza en el final de uno de los dientes y empieza sin problema hacia el otro extremo del diente. Se engranan con contacto similar al cónico recto, pero el resultado de la acción del diente es la superposición adicional, el movimiento será transmitido más fácilmente que en el engrane cónico recto o cónico zerol. Esta acción reduce vibraciones y ruido especialmente a grandes velocidades. El engrane cónico espiral también tiene en sus dientes una alta precisión véase figura 2.4. (AGMA 2005)

2.5.3 Cónico zerol

El engrane cónico zerol es bien otro engrane cónico espiral con el ángulo de cero grados es su curvatura de espiral del diente, que es en general la misma dirección del diente en el engrane cónico recto. Producen el mismo empuje en cargas y pueden montarse de la misma manera, tienen características suaves de operación y son manufacturados por las mismas máquinas que un cónico espiral. Los engranes con ángulos por debajo de los diez grados en su espiral son considerados zerol; véase figura 2.5. (AGMA 2005)

2.5.4 Hipoide

Los engranes hipoides son similares al engrane cónico espiral a excepción de que el eje del piñón tiene un desplazamiento debajo del eje de la corona. Se han

desplazamiento suficiente, el eje de transmisión puede pasar de uno a otro véase figura 2.6. (AGMA 2005)

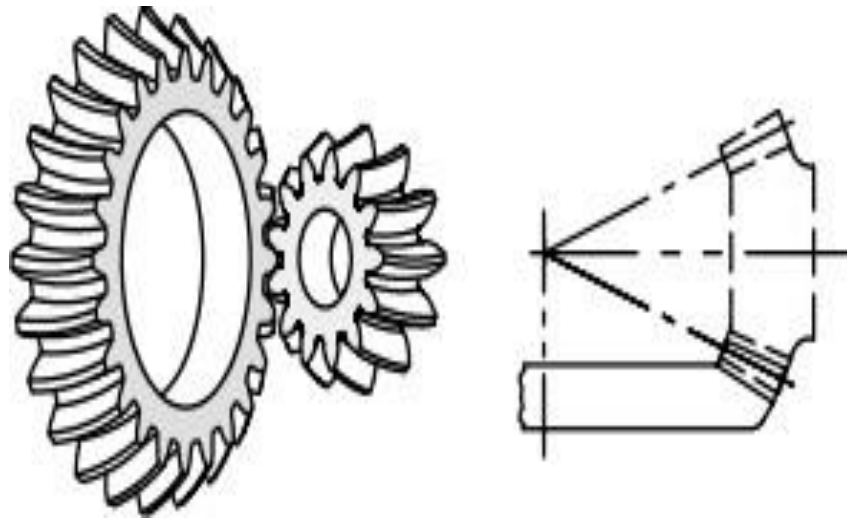


Figura 2.5 Engranaje cónico Zero

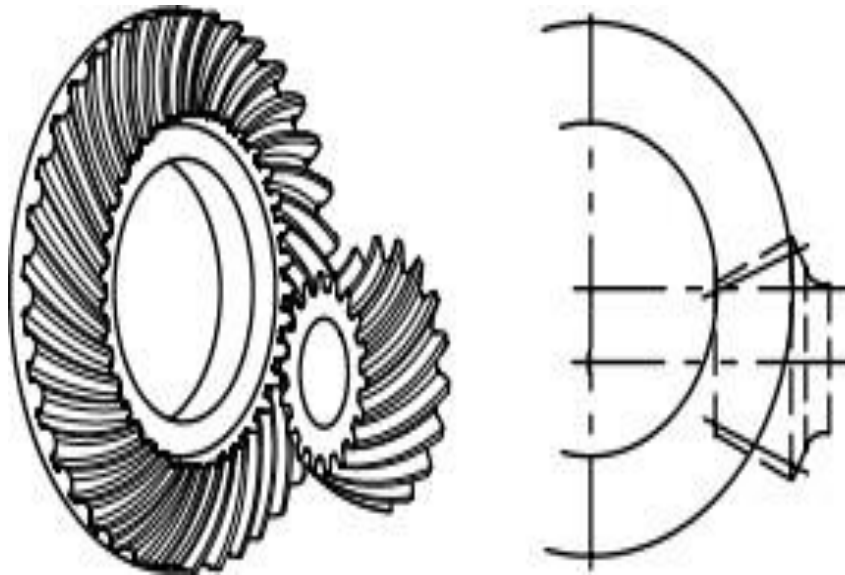


Figura 2.6 Engranaje Hipoide

2.6 Relaciones de tamaño

Los engranes cónicos pueden ser usados por reducir e incrementar velocidades. La relación requerida debe ser determinada por el diseñador dando la velocidad de entrada en el sistema y la velocidad requerida de salida. Para la fuerza de empuje la relación en los engranes cónicos puede ser tan baja como 1 pero no deberá exceder aproximadamente 10. La relación más alta de hipoides que va desde 10 hasta 20 han

encontrado considerables usos en máquinas - herramientas donde la precisión del engrane ha sido requerida (ANSI/AGMA, 2005).

2.7 Parámetros del engrane hipoide

A continuación, se muestra la tabla 2.1 Tamaño del diámetro del piñón (pulg.), según el esfuerzo al que se somete para ejes de transmisión que están a 90° con una relación de 4:1.

2.8 Numero de dientes

Aunque la selección del número de dientes pueda ser hecha de cualquier manera arbitraria, el número de dientes para engranes hipoides está dado en la tabla 2.2 que sugiere el número de dientes en el piñón para una relación de 4:1.

El número de dientes en el engranado puede ser determinado por la relación que existe entre el piñón y la corona. En el engrane hipoide el diseño del número mínimo de dientes en el piñón va desde 11 a 13, por lo menos, esto es debido a que el traslape adicional resulta de la correcta geometría oblicua del diente, para mantener una aceptable relación de contacto. El efecto de las tres dimensiones debe ser considerado en las características del diente, el interior del extremo final del diente debe ser usado en el análisis por debajo del corte.

Tabla 2.1 Tamaño del diámetro del piñón, fuente: (ANSI/AGMA, 2005).

Diámetro de paso del piñón (pulg.)	Esfuerzo (lb pulg.)
0.4	menor a 10
0.5	30
0.6	50
1.0	120
2	2 000
5	6 000
10	12 000

Tabla 2.2: Número Aproximado de dientes del piñón, fuente: (ANSI/AGMA, 2005).

Número aproximado de dientes del piñón	Diámetro de paso del piñón (pulg.).
15	5
20	8.5
25	11.8

2.8.1 Desplazamiento hipoide

El desplazamiento del piñón debe ser designado por encima o debajo de la línea de centro de la corona. La dirección del desplazamiento es determinada por la observación del uso del engranaje véase figura 2.7. (AGMA 2005)

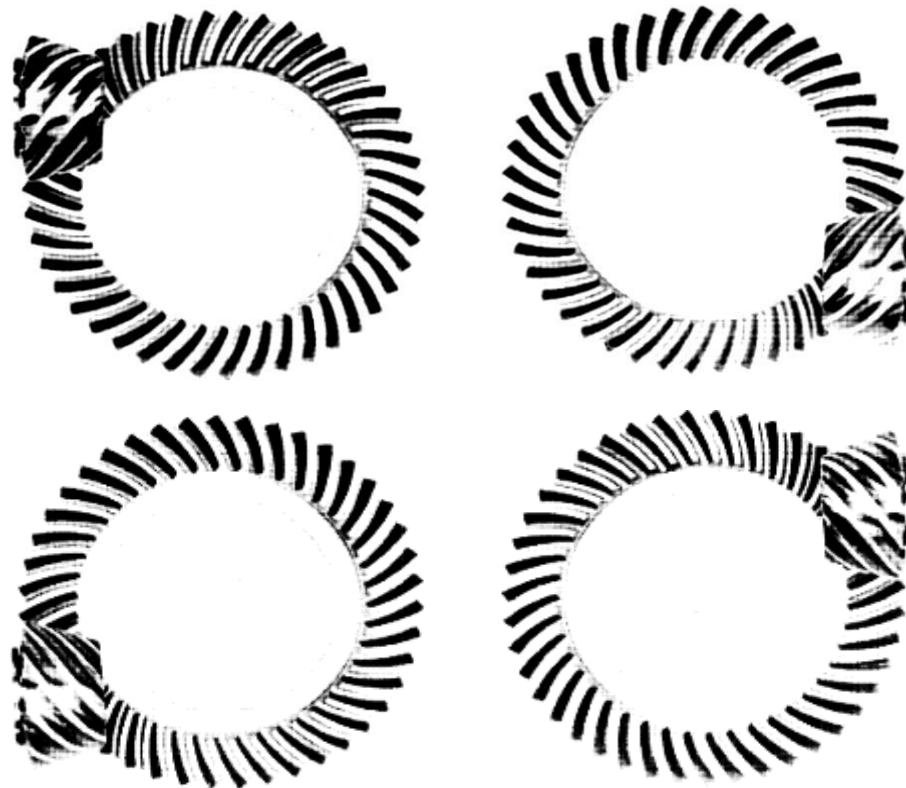


Figura. 2.7 Desplazamiento Hipoide: Mano Izquierda Superior; Mano Derecha Inferior;
Mano Izquierda Inferior; Mano Derecha Superior.

En general, el desplazamiento no debe exceder el 25% del diámetro primitivo de la corona; en el caso de los engranajes que soportan cargas grandes, el desplazamiento se limita al 12.5% del diámetro primitivo de la corona. Por este desplazamiento, los piñones de un engranaje hipoidal poseen un diámetro mayor que otros sistemas, pudiendo ser hasta un 25% mayor.

2.9 Producción de engranajes por tallado

Los procedimientos de tallado de ruedas dentadas consisten en la utilización de una herramienta de corte para efectuar el tallado de los dientes de los engranajes a partir de un cilindro base. Los dientes de los engranajes se mecanizan por fresado, cepillado o formado con sinfín y pueden ser acabados por cepillado, bruñido, esmerilado o pulido con rueda.

2.9.1 Procedimientos de producción de engranajes por talla

En los procedimientos de tallado de ruedas dentadas por reproducción, el borde cortante de la herramienta es una copia exacta de cierta parte de ella. Como consecuencia, los métodos de talla por reproducción precisan de un número elevado de herramientas ya que, incluso para fabricar ruedas dentadas con el mismo hace falta una herramienta para cada número de dientes, puesto que el hueco interdental varía (Arizabalaga 2004).

A estas herramientas de corte se les denomina cortadores conformadores y generalmente, el cortado tiene la forma exacta del hueco interdental.

2.10 Procedimientos de talla por reproducción o copia

2.10.1 Cepillado

La herramienta, en la sección perpendicular a la dirección de su movimiento tiene perfiles cortantes, que corresponden perfectamente con el contorno del hueco interdental del engranaje a tallar. Actualmente se suele emplear para dientes no normalizados encontrándose cada vez más en desuso, véase figura 2.8. (Arizabalaga 2004)

2.10.2 Fresado

Es un método muy difundido, similar a la talla por cepillado, pero en lugar de una cuchilla con una forma determinada se utiliza como herramienta una fresa especial estandarizada la “fresa de módulo”, cuyos dientes tienen perfiles idénticos a la forma del hueco interdental que se persigue. Al final de cada operación de fresado la fresa vuelve a su posición inicial y la pieza bruta gira un ángulo igual a $1/z$ de vuelta para poder fresar el hueco siguiente, véase figura 2.9. (Arizabalaga 2004)

La principal desventaja de este procedimiento es que se necesita una fresa distinta para cada combinación de y número de dientes. Como es imposible tener un juego de fresas para cada caso, además del elevado precio de una fresa de modulo y la rapidez con la que se desgastan, obliga a recurrir a una cierta inexactitud en el tallado, pues se emplea una misma fresa para ruedas con un número de dientes cercano a aquel para el que está diseñada la fresa.

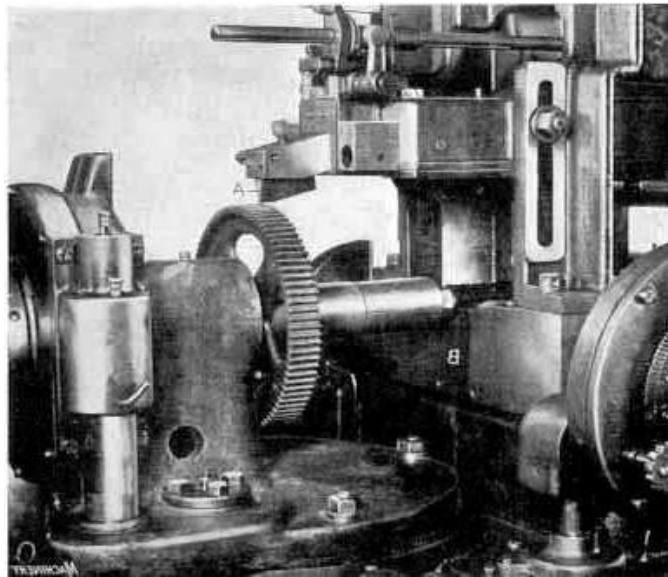


Figura 2.8. Tallado de un engranaje por cepillado.

Lo habitual es utilizar juegos de 8 fresas, por ejemplo, para tallar ruedas de 35 a 54 dientes se suele utilizar la misma fresa, debido a la escasa variación de los perfiles. Así cada fresa se corresponde con el número menor de dientes de su serie, ya que al aumentar “ Z ” disminuye el hueco interdental, evitando de esta manera el peligro de acúñamiento.



Figura 2.9. Tallado de un engranaje con fresa de módulo.

Este procedimiento conlleva una inexactitud en los perfiles conjugados que no importa para velocidades pequeñas pero que es inadmisibles cuando estas son elevadas.

2.10.3 Procedimientos de talla por generación

El procedimiento de talla de ruedas dentadas por generación o rodamiento permite, aprovechar las propiedades de la envolvente, la generación del perfil del diente de un engranaje. Los dientes de perfil de envolvente se pueden tallar de forma sencilla y exacta empleando herramientas de perfil rectilíneo. La herramienta de corte avanza en medida que la rueda gira con respecto a su centro. Esta es la característica que brinda una principal ventaja en este tipo de perfiles, cuya talla puede realizarse con una gran precisión, cualquiera que sea el número de dientes, asegurando así un funcionamiento perfecto y silencioso, aun a grandes velocidades. (Arizabalaga 2004)

Existen diversas formas de lograr el perfil del diente, puede ser con un piñón generados, por tallado con fresa madre, etc.

2.11 Herramientas para fabricar engranes

Se fabrican diversos tipos de herramientas para la fabricación de engranes externos e internos. Estas herramientas son fabricadas en base a engranes estándar en cuanto

a paso diametral o módulo y ángulo de presión, pero en la mayoría de los casos, se hace bajo diseño con base a las especificaciones del cliente.

2.11.1 Generación por fresa madre

Según la descripción de Joseph Whitworth, el generado es una operación continua en la cual la herramienta y la pieza de trabajo giran en sincronía uno otro mientras la herramienta se mueve a lo largo de la pieza de trabajo. Se utiliza una herramienta de corte conocida como fresa madre; esta se utiliza en máquinas denominadas Generadoras de Engranés. La fresa madre es una herramienta cilíndrica que tiene dientes con filos cortantes que siguen una o varias espirales, todos y cada uno de los dientes son idénticos. Este proceso puede ser visualizado como un tornillo sinfín acoplado a un engrane. La fresa madre es representada como el tornillo sinfín y la pieza de trabajo como el engrane. Véase figura 2.10

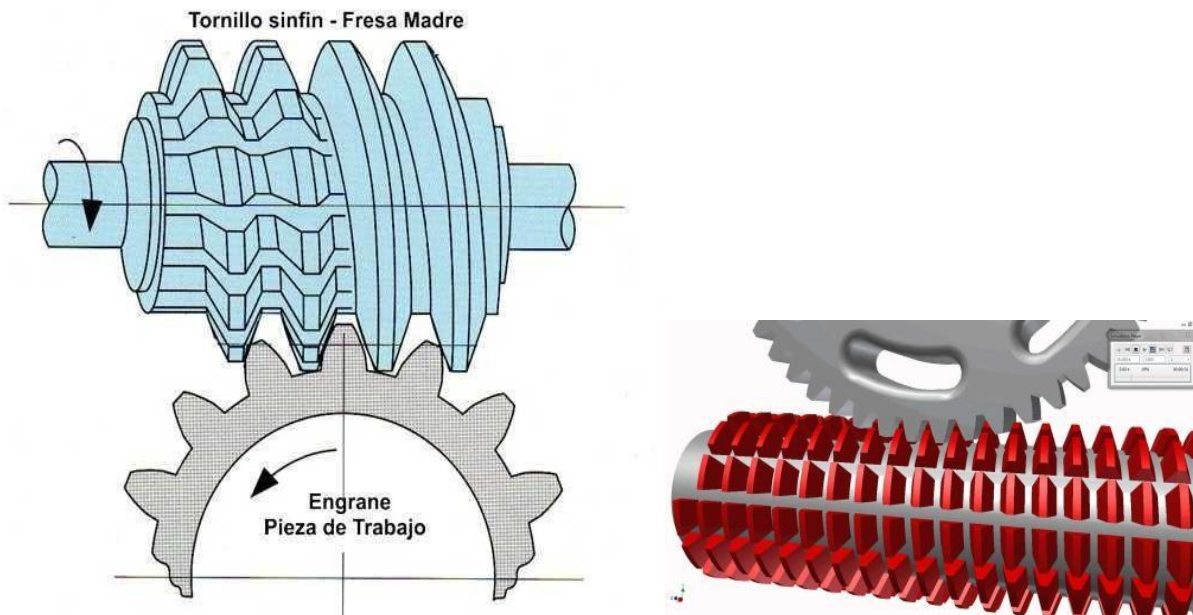


Figura 2.10 Proceso de generado de engranes.

Para entender cuál es el principio del método de generación, nos basaremos en la forma en la que se genera una curva de envolvente, dicha curva define la forma que tienen los flancos de los dientes de los engranes. Obsérvese que el punto P sobre la línea L genera la envolvente a medida que dicha línea se desenvuelve desde el círculo base. La línea T-P es tangente a la curva de envolvente y perpendicular a L. Este es un fenómeno que se observa cuando se desenrolla un tubo de papel véase figura 2.11

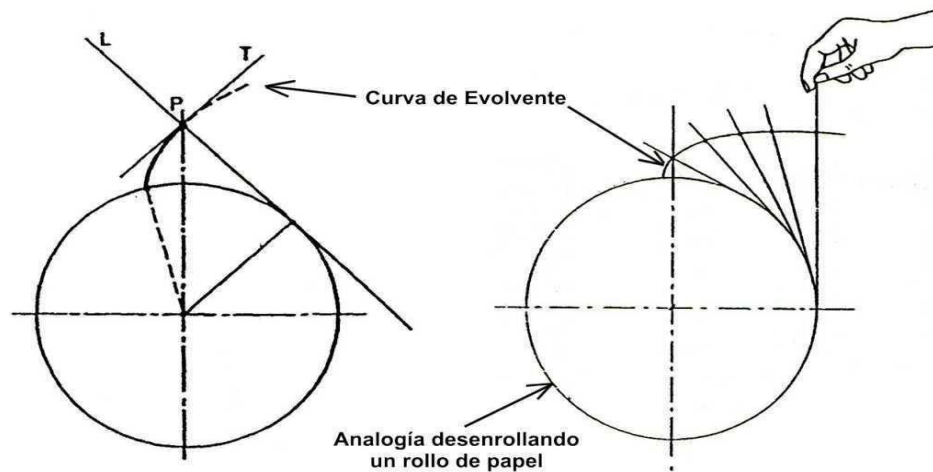


Figura 2.11 Generación de curva de perfil evolvente y analogía con un rollo de papel.

El principio del proceso de generado se basa en producir la curva de envolvente por medio de muchos cortes sucesivos tangentes a la curva, lo cual origina una herramienta con dientes de flancos rectos. El perfil de la herramienta muestra cómo se genera el diente del engrane por cortes consecutivos hechos por la fresa madre. Este es un proceso de corte continuo, el engrane gira en sincronía con la fresa la cual tiene filos cortantes, al mismo tiempo, la herramienta avanza axialmente sobre toda la cara del engrane, véase figura 2.12. (Arizabalaga 2004)

El generado es el proceso más comúnmente utilizado en la industria para la fabricación de engranes rectos u helicoidales externos. Actualmente este proceso es el más utilizado debido a que provee alta producción a un bajo costo, se han hecho muchas modificaciones a las herramientas y maquinarias con lo que se puede incrementar la velocidad de operación y calidad en los engranes. (Roque Calero Perez 2000)

Entre las mejoras que se han hecho a este proceso se pueden mencionar las siguientes: el desarrollo y uso de aceros para herramienta más resistentes al desgaste y temperatura; desarrollo de recubrimientos superficiales que incrementan la resistencia al desgaste y temperatura y, desarrollo de materiales que se pueden utilizar sin refrigerante, lo que ha venido a implementar el término “generado en seco”. Normalmente para aplicaciones generales se utilizan fresas madre fabricadas en acero rápido (M2 o M35), para operaciones en seco o para alto desempeño se utilizan fresas madre en aceros fundidos especiales (FM34D), aceros sinterizados (FAX38,

FAX55) o en carburo de tungsteno. En conjunto con el material base (acero o carburo), se puede recubrir la fresa madre para obtener mejores desempeños ya que permiten trabajar a velocidades y avances más altos reduciendo el desgaste de la herramienta. (Roque Calero Perez 2000).

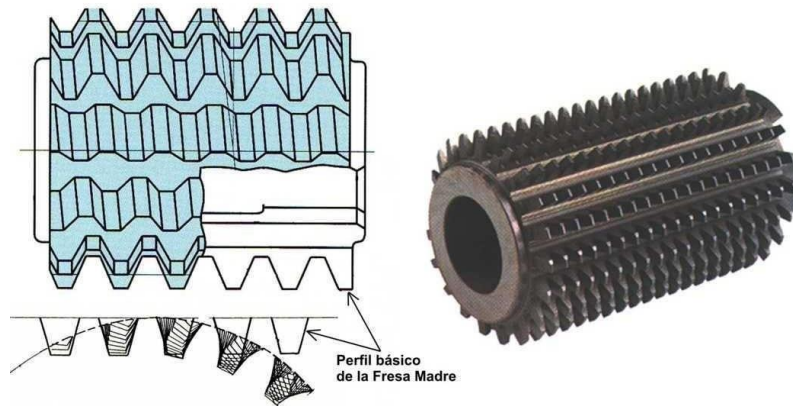


Figura 2.12 Perfil Básico de una Fresa Madre.

Los desarrollos para este tipo de herramientas no se detienen y cada vez se obtienen aleaciones y recubrimientos más resistentes lo que lo mantiene como el proceso más utilizado para fabricación en masa de engranes.

2.11.2 Brochado

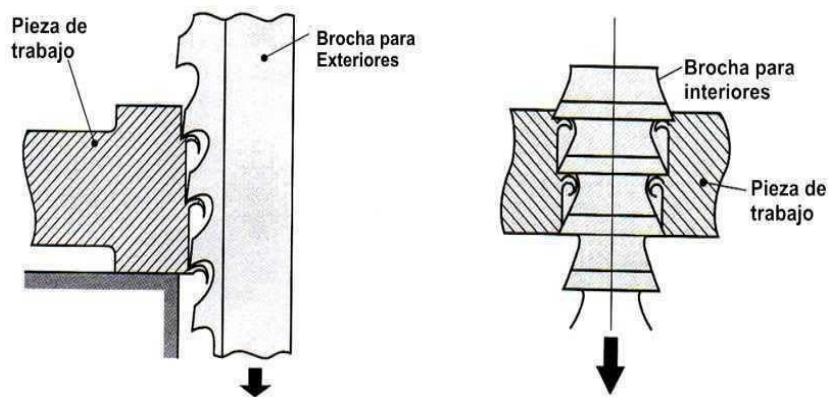


Figura 2.13 Brochado interior y exterior.

La brocha es una herramienta de corte y se caracteriza por tener dientes con filos cortantes los cuales van incrementando su altura en forma consecutiva hasta alcanzar la forma o profundidad requerida como se muestra en la figura 2.13 el brochado es una

operación en la cual la brocha es forzada a pasar por el interior o exterior de la pieza para obtener una forma específica. (Roque Calero Perez 2000)

En la figura 2.14 se muestra una brocha típica para un engrane interno, los extremos de esta herramienta se llaman zancos, estos son conectores para la maquinaria brochadora. El Zanco frontal es enganchado a un cabezal el cual jala la brocha a través de la pieza, en alguna maquinas, el proceso es empujando la herramienta en lugar de jalar. En otro diseño de máquina la brocha permanece fija y lo que desplaza a lo largo de su longitud es la pieza de trabajo, este tipo de maquina también se ejemplifica en la figura.

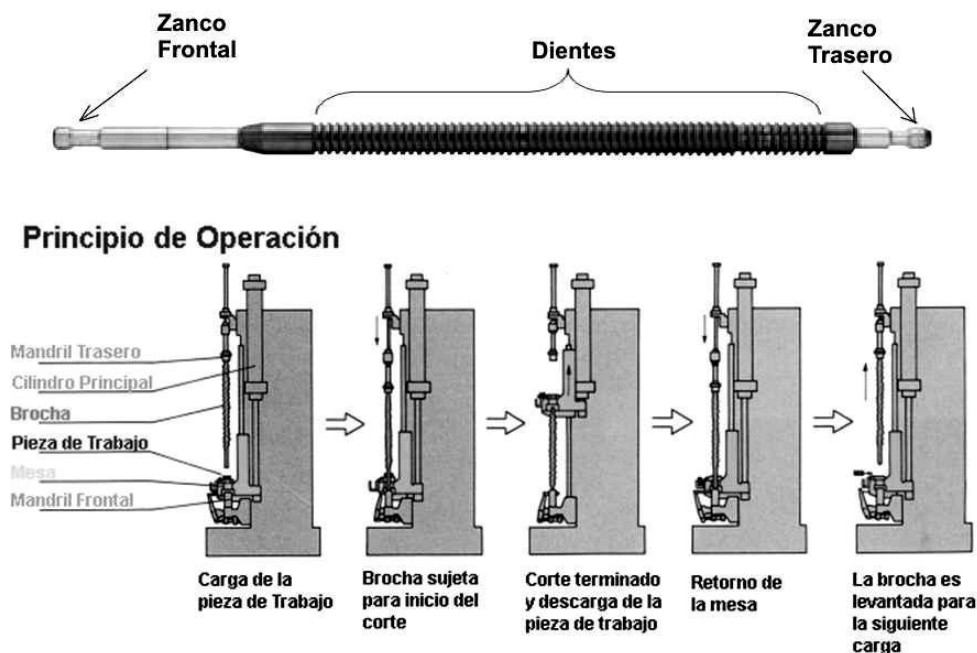


Figura 2.14 Brocha típica para interiores y operación

Un tipo de brocha muy utilizado es la que tiene dientes combinados alternados, esto es, un diente que corta el diámetro menor y otro el siguiente el diámetro mayor y así sucesivamente, este diseño permite obtener piezas con menos variantes en concentricidad entre ambos diámetros. Este proceso es el que proporciona el costo beneficio más bajo cuando es utilizado en producción de alta escala; normalmente se utiliza para la producción de piezas metálicas, pero también en plástico y materiales no metálicos. Las brochas hoy en día son utilizadas en formas complejas para la fabricación de engranes internos y externos, tanto rectos como helicoidales.

Como un ejemplo de aplicación, el collar helicoidal que tienen las transmisiones automáticas es fabricado con esta herramienta. Hasta este momento, no se ha podido desarrollar un proceso que mejore en productividad y costo al brochado. Al igual que las fresas madre, se hacen desarrollos continuos permitiendo la utilización de aceros más resistentes, así como tratamientos superficiales y recubrimientos para incrementar la productividad. (Rodríguez, 2013)

La brocha solo es capaz de cortar ciertas formas, no es flexible. Se fabrican las brochas principalmente en aceros rápidos o al cobalto (M2, M4, M35) pero dependiendo del proceso y exigencias de producción, también se fabrican en aceros sinterizados (T15, PMM4) o de carburo de tungsteno sólido. En conjunto, las brochas pueden ser sometidas a un tratamiento químico para que la superficie exterior obtenga mayor dureza y se tenga una mejor lubricación.

2.11.3 Generación con piñón generador

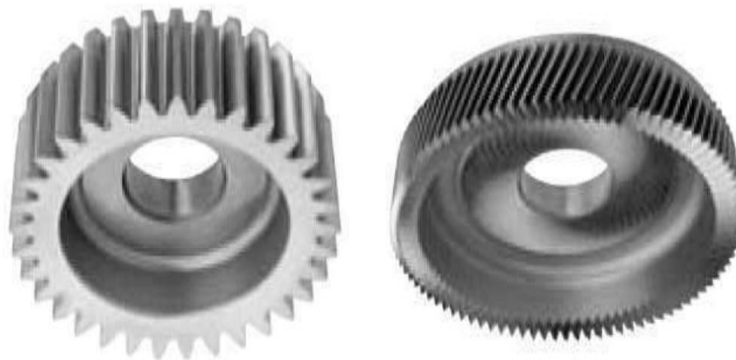


Figura 2.15 Talladores típicos para engranes rectos y helicoidales.

El tallador es una herramienta con forma de engrane piñón, la cara inferior del tallador es la que tiene filo para el corte, véase figura 2.15.

La operación de tallado se basa en el principio de dos engranes que son hermanados, con la variante de que uno de ellos recorre el espesor del otro engrane de un extremo al otro y viceversa. El que se mueve de un extremo al otro corresponde al cortador el cual se denomina tallador, véase figura 2.16.

Esta operación es en forma vertical, el corte de los dientes se realiza durante el movimiento o carrera hacia abajo. El tallador es alimentado contra la pieza de trabajo reduciendo la distancia entre centros entre ellos. Una vez que la herramienta ha

alcanzado la profundidad total de trabajo, tanto la pieza de trabajo como el tallador comienzan a girar en sincronía y basta una sola vuelta completa para terminar el engrane. Esta operación podría no realizarse en una sola vuelta ya que, dependiendo de la profundidad total de trabajo, en ocasiones son necesarias 2 o 3 pasadas.

Con este método es posible fabricar engranes rectos y helicoidales, tanto externos como internos. Este tipo de operación es utilizado cuando restricciones en la geometría de la pieza de trabajo impiden el uso de otro tipo de herramienta, como puede ser en piezas que presentan hombros muy cercanos al engrane.

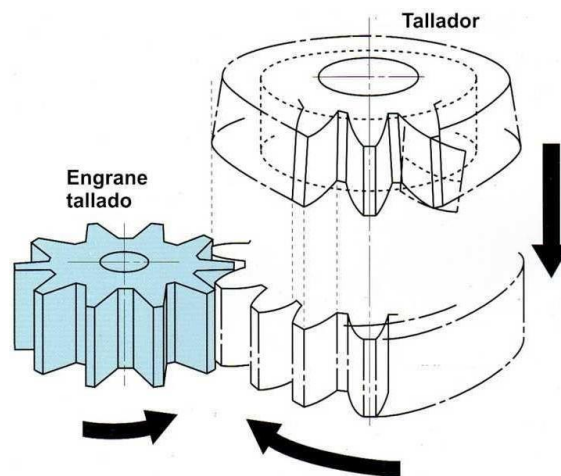


Figura 2.16 Operación de tallado.

2.11.4 Desbarbado o Rasurado

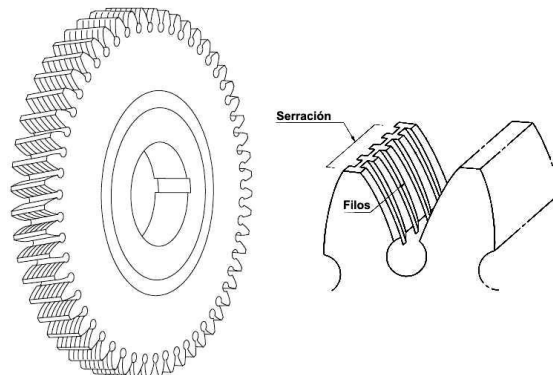


Fig. 2.17 Desbarbador.

Se utiliza una herramienta de corte que se caracteriza por su forma de engrane con dientes rectificados, esta herramienta hermanará perfectamente con el engrane a ser procesado. Los dientes del desbarbador tienen serraciones con forma rectangular a lo

largo del perfil los cuales al entrar en contacto con el engrane, cortan pequeñas cantidades de material en forma de hilos delgados; de ahí proviene el nombre de desbarbador, en otras partes del mundo, se conoce como afeitador o rueda de rasurado, véase figura 2.17.

Principalmente, el desbarbador se utiliza para obtener un mejor acabado superficial a los dientes de los engranes y, además, para proporcionarles las tolerancias y dimensiones finales requeridas. Esta herramienta se utiliza posterior a los p

rocesos de generado o tallado en donde las superficies en los dientes son obtenidas con un acabado burdo y por consecuencia, las tolerancias no están bien definidas. En la figura 2.18, se aprecia cómo se realiza el proceso de desbarbado el que en general, es sencillo en su operación. Únicamente se hermanan ambas partes: engrane y herramienta, el desbarbador está acoplado a la transmisión de la máquina y al girar transmite movimiento al engrane, se hace girar en un sentido mientras se desplaza a lo largo de la cara del engrane y al final del recorrido, el giro se invierte regresando al punto de origen. Este proceso se repite por lo normal 4-5 veces dependiendo de la cantidad de material a remover, las capacidades de la máquina y el acabado superficial que se quiera obtener.

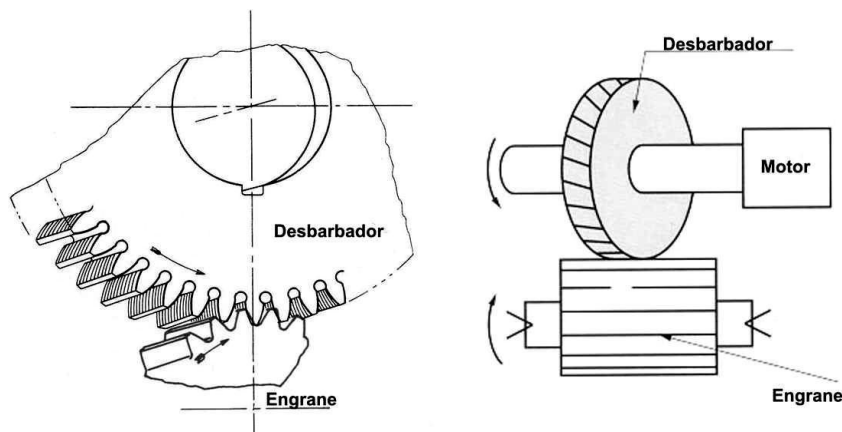


Figura 2.18 Proceso de Desbarbado.

Este proceso podría entenderse como una transmisión simple entre engranes, sin embargo, la diferencia radica en que mientras en una transmisión de engranes hay un claro de hermanamiento, en el desbarbado no existe este espacio, la herramienta y el engrane están en contacto total y en cada recorrido de la herramienta, se incrementa

este contacto, este depende de la cantidad de material a remover en cada recorrido, definido por los aspectos mencionados en el párrafo anterior.

Aunque el proceso de rectificado provee mejores acabados superficiales, tolerancias más cerradas y mejor repetitividad; el desbarbado es más económico y la herramienta se puede modificar en su geometría para el proceso de engranes con variantes en ángulos de presión lo que hace a la herramienta más versátil que una rueda de rectificado.

2.12 Materiales

Las ruedas dentadas pueden fabricarse de una variedad de materiales muy extensa para obtener las propiedades adecuadas según el uso que se les va a dar. Desde el punto de vista de diseño mecánico, la resistencia y la durabilidad, es decir la resistencia al desgaste, son las propiedades más importantes. Sin embargo, en general, el diseñador deberá considerar la capacidad para fabricar el engranaje, tomando en cuenta todos los procesos de fabricación que intervienen desde la preparación del disco para el engrane, pasando por la formación de los dientes del engranaje hasta el ensamble final de este en una máquina. Otras consideraciones que deben tenerse en cuenta son: peso, resistencia a la corrosión, ruido y costo.

2.12.1 Aceros para la fabricación de engranes

Los aceros para elementos de herramientas mecánicas y muchos tipos de reductores de velocidad y transmisiones de movimiento para trabajo entre medio y pesado, por lo regular, se fabrican de acero al medio carbono. Entre la amplia gama de aceros al carbono y aceros con aleación que se utilizan se pueden mencionar los aceros de clasificación AISI:

- 1020,
- 1040,
- 4140
- 8620

2.12.2 Aceros endurecidos en forma superficial

El endurecimiento mediante flama, endurecimiento por inducción, la carburización, la nitruración son procesos que se emplean para obtener una alta dureza en la capa superficial en los dientes de un engranaje.

Estos procesos proporcionan valores de dureza superficial de 50 a 64 HRC (Rockwell C) y en consecuencia altos valores de tensión permisible, y de tensión debida al contacto permisible.

En los dientes de engranaje endurecidos mediante flama y por inducción, implican el calentamiento a nivel local de la superficie del engrane a altas temperaturas sea por medio de flamas o por bobinas de inducción eléctrica. Al controlar el tiempo y la entrada de energía, es posible controlar la profundidad del calentamiento y la profundidad de la dureza que se obtiene como resultado.

Es fundamental que el calentamiento tenga lugar alrededor de todo el diente para que se obtenga la superficie dura en la cara del diente y en las áreas del chaflán y de la raíz. Las especificaciones para dientes de engranajes de acero endurecidos por flama o por inducción, exigen una dureza resultante de HRC 50 a 54.

Debido a que estos procesos recurren a la capacidad inherente de los aceros para ser endurecidos, debe especificar un material que puede endurecerse a estos niveles.

Por lo regular, se especifican aceros con aleaciones al medio carbón, es decir con 0.4 % a 0.6% de carbón.

2.12.3 Carburización y nitruración

La carburización produce una dureza superficial de 55 a 64 HRC y da por resultado una de las durezas más considerables de uso común para engranajes. Mediante la nitruración se obtiene una superficie muy dura pero muy delgada. Se especifica para aplicaciones en las que las cargas son ligeras y se conocen bien. La nitruración se debe evitar cuando es probable que se presenten cargas o choques excesivos porque la superficie no es lo suficientemente resistente o no está bien apoyada para resistir tales cargas.

2.12.4 Hierro fundido y bronce como materiales para engranajes

Tres tipos de hierro que se emplean para fabricar engranajes son: hierro gris fundido, hierro nodular conocido también como hierro dúctil y el hierro maleable. Se debe tener en cuenta que el hierro gris es quebradizo, por tanto, hay que tener cuidado cuando sea probable que se presente carga por choque. El hierro dúctil atemperado se está utilizando en algunas aplicaciones importantes en la industria automotriz, sin embargo, los valores de esfuerzo permisible estandarizados aún no se han especificado. En lo que a los bronce se refiere, hay cuatro tipos que se utilizan para fabricar engranajes: bronce con fósforo o estaño, bronce con manganeso, bronce con aluminio y bronce con sílice. Casi todos los bronce son fundidos, sin embargo, se puede disponer de algunos forjados. La resistencia a la corrosión buenas propiedades en cuanto a desgaste y coeficientes de fricción bajos son algunas razones para optar por los bronce para fabricar engranajes.

2.12.5 Materiales plásticos para engranajes

Los plásticos se desempeñan bien en aplicaciones donde se desea peso ligero, operación silenciosa, baja fricción, resistencia a la corrosión aceptable y buenas propiedades en cuanto a desgaste. Debido a que las resistencias son significativamente más bajas que las de casi todos los materiales metálicos para fabricar engranajes, los plásticos se emplean en dispositivos que se someten a cargas ligeras. A menudo, los materiales plásticos pueden moldearse para darles su forma final sin el maquinado subsecuente lo cual representa ventajas en lo relativo al costo.

Los plásticos pueden fabricarse mediante muchas fórmulas y pueden rellenarse con gran variedad de productos para mejorar resistencia al desgaste, resistencia al impacto, límite, de temperatura, maleabilidad y otras propiedades.

2.13 Cabezal divisor

El cabezal divisor es el aditamento de mayor importancia utilizado en una fresadora, se utiliza principalmente para hacer una división exacta o igualmente espaciada cuando se fabrican engranes, ranuras, etc. Aporta también en el proceso para sujetar firmemente la pieza que se está fabricando y es posible en algunos casos producir un

movimiento giratorio a la pieza en combinación con el movimiento longitudinal, produciendo una relación de avance/giro muy útil en el fresado de hélices.

Capítulo 3

Metodología

3.1 introducción

Para el diseño de este sistema hipoide se toma en cuenta los conceptos que están definidos en AGMA 2005-B88.

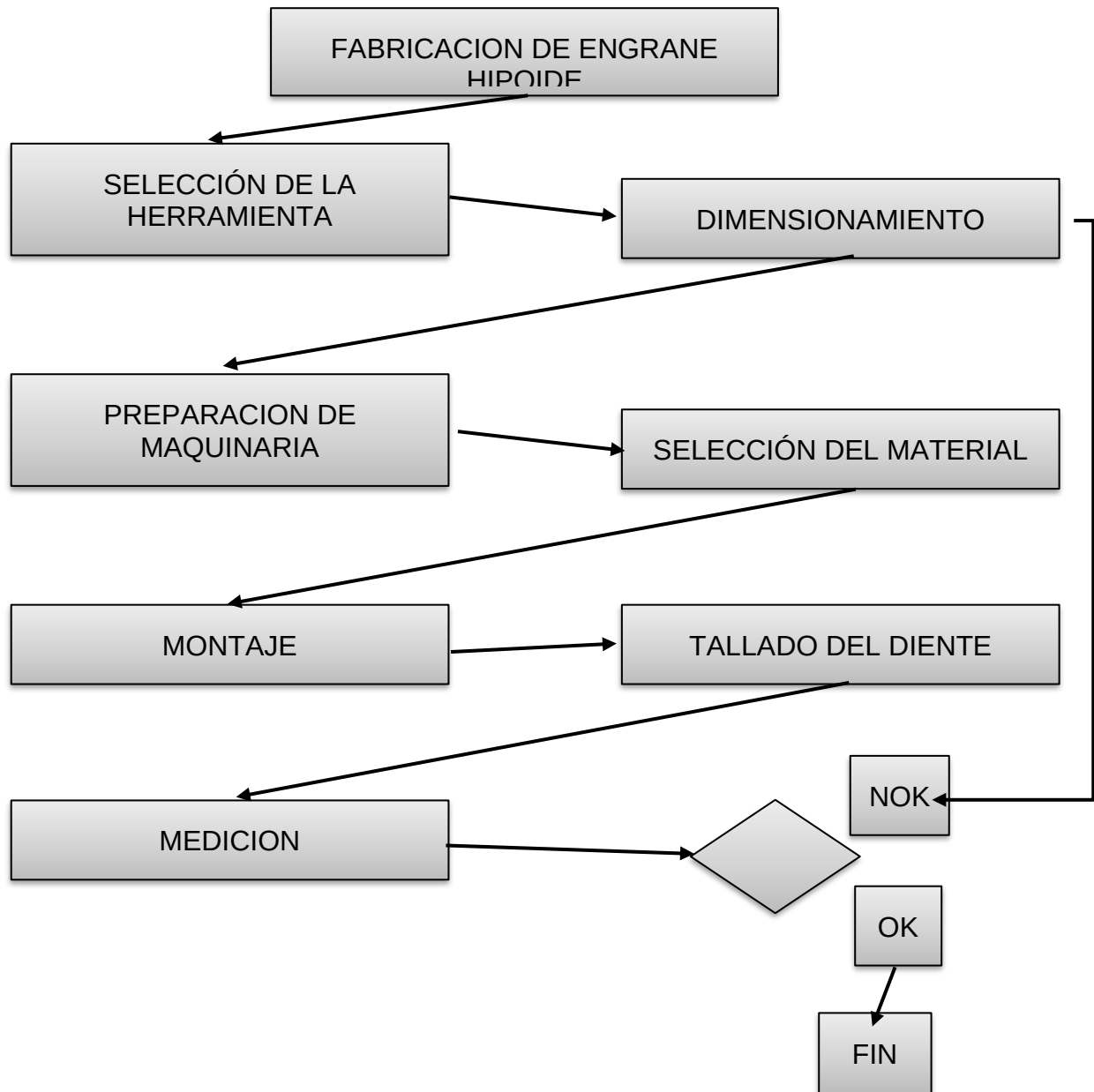


Figura 3.1 Diagrama de fabricación

La tabla 3.1 muestra los parámetros básicos del diseño de engranes hipoides donde los valores de los ángulos de la espiral, el espesor del diente el desplazamiento y la herramienta se establezcan libremente.

Tabla 3.1 características de un engrane hipoide.

ITEM	UNIDAD	PIÑON	CORONA
MODULO TRANSVERSAL	MM	6	
NUMERO DE DIENTES	--	11	45
ANGULO DEPRESION PROMEDIO	GRADOS	19	
DESPLAZAMIENTO	MM	40	
ANGULO DE LA ESPIRAL	GRADOS	48.45°	0°
DIRECCION SPIRAL	--	IZQUIERDO	DERECHO
ANGULO DEL EJE	GRADOS	90°	
ANCHO DE CARA	MM	41.6	
PROCESO	--	FRESADO	

En esta sección del dimensionamiento, cabe mencionar que la fabricación de engranajes hipoides surge a partir de un elemento ya descrito con anterioridad propio de una maquinaria en particular, y que por malas prácticas fallo a lo largo del tiempo por lo que se tiene la necesidad de reemplazarlo para el funcionamiento correcto de la maquinaria, a pesar de esto, se deben considerar los siguientes factores fundamentales para garantizar una vida útil en el desarrollo del diseño de un sistema:

1. La potencia del motor primario, su potencial de sobrecarga y la uniformidad de su par de salida
2. La carga de salida normal, y picos de carga y duración además de la carga severa en intervalos irregulares.
3. Cargas de inercia derivadas de la aceleración y desaceleración continuas.

Dicho esto, es importante mencionar que la velocidad de funcionamiento del juego de engranes es importante conocerla ya que de esta característica se puede determinar la carga de inercia, el tipo de equipo necesario, requisitos de precisión y el diseño de montaje.

Además, los siguientes factores influyen decisivamente en el diseño:

1. Limitaciones en el nivel de ruido
2. Condiciones de temperatura exteriores.
3. Presencia de partículas o medios corrosivos.
4. Golpeteo en el sistema o marchas atrás
5. Trabajo bajo una alineación variable

Una vez conocidas las condiciones de uso de un sistema de engranes, se puede decidir cuál será el tipo de engrane empleado, cabe mencionar que con respecto a los engranes hipoides se recomiendan para velocidades periféricas de más de 1000 ft/min, y aplicaciones donde el ruido es un factor crucial, además son característicos por aplicaciones que requieren cargas elevadas.

3.2 Diseño cinemático

3.2.1 Tamaño estimado del engranaje

Para definir el diámetro primitivo se toma en cuenta el par y la relación de transmisión.

En la figura 3.1 se ilustra de manera generalizada como el diámetro primitivo, se ve afectado por factores de durabilidad superficial y la resistencia a la flexión, esto en acero cementado.

Para engranes de uso industrial el tamaño del sistema se centra en la dureza superficial.

Para engranes de alta capacidad (espirales o hipoides) el tamaño del sistema será una característica que deberá tomar en cuenta la capacidad de carga, sobre todo, pero a la vez también se considera la dureza superficial, se debe escoger el valor más grande de los dos diámetros obtenidos en ambas tablas (considérese figuras 3.1 y 3.2).

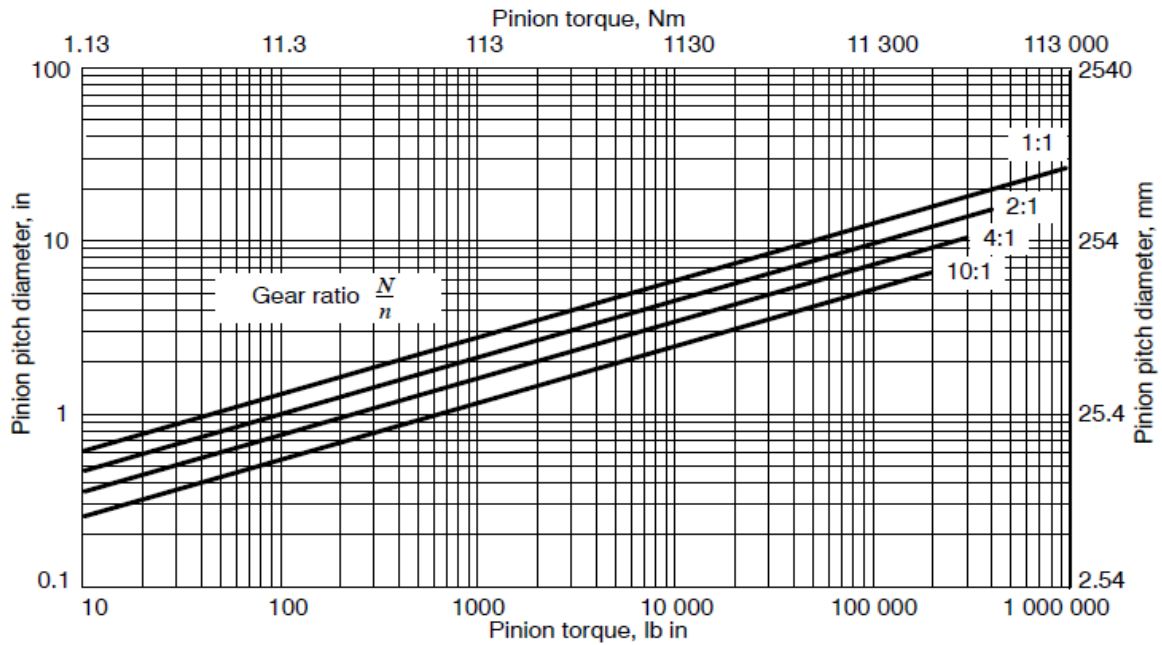


Figura 3.2 Acción de dureza superficial sobre el diámetro primitivo del piñón hipóide.

Para este trabajo se considerará una relación de engranaje 4.09 y las dimensiones se muestran en la figura 3.3

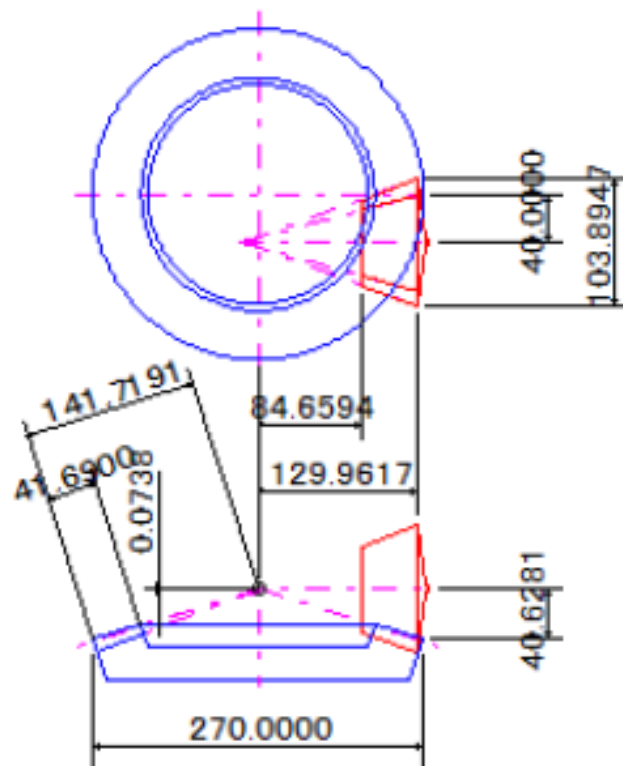


Figura 3.3 Dimensión del par hipóide.

3.2.2 El número de dientes

En el sistema hipoide el número de dientes de un piñón se puede seleccionar de manera arbitraria, además a continuación la siguiente figura 3.4 muestra el número de dientes recomendado, en función del diámetro primitivo y la relación de transmisión.

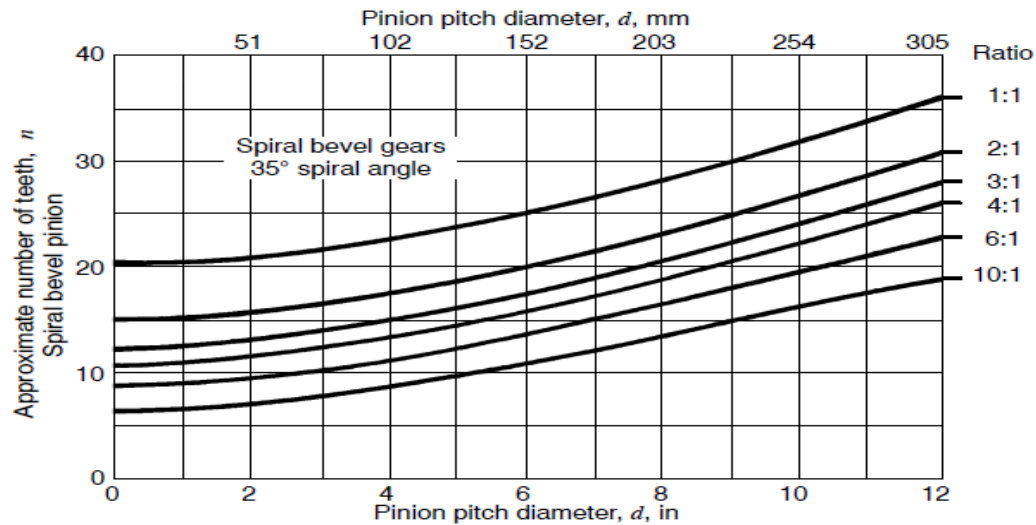


Figura 3.4. Numero de dientes sugerido para el piñón en función del diámetro primitivo.

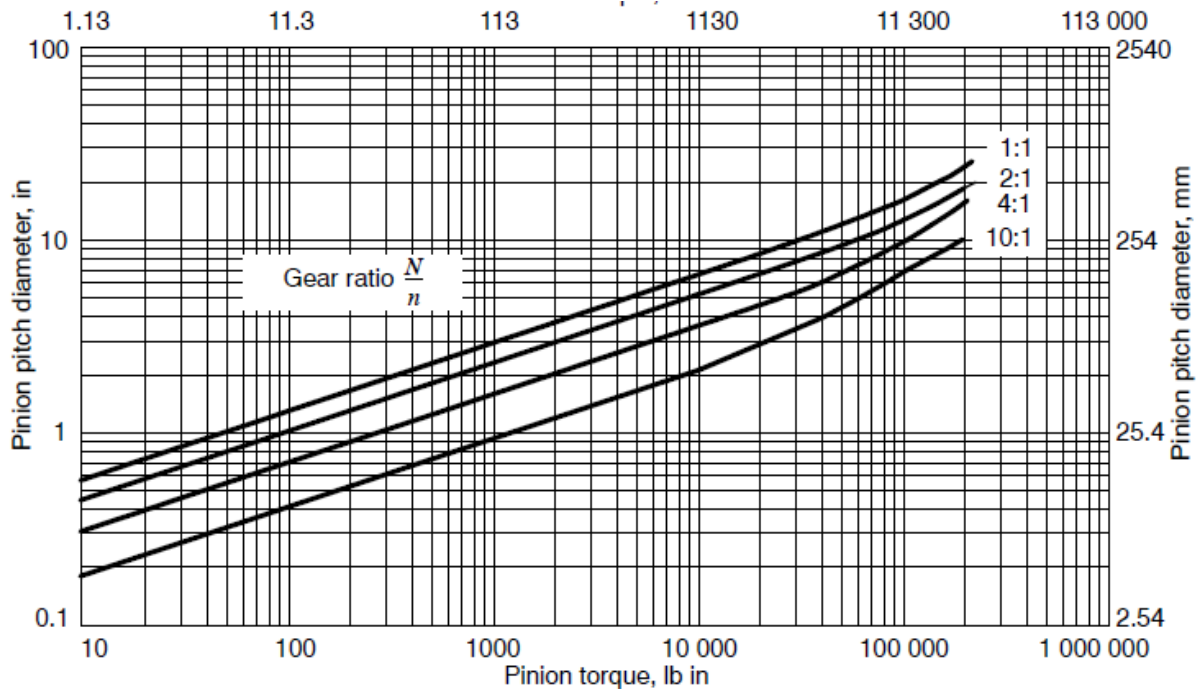


Figura 3.2 Relación existente entre la carga y el diámetro del piñón.

Para este par hipoide el número de dientes es el que se indica en la Tabla 3.1, 11 dientes para el piñón y 45 para la corona.

3.2.3 Geometría del diente

La geometría del diente, es para cada engrane en particular dependiendo de cual sea la utilizada en el engrane original, generalmente se utiliza la geometría evolvente, esta geometría esta definida en cortadores y fresas, en este caso en particular se utilizará la geometría evolvente.

3.3 Fabricación

La fabricación será efectuada por una fresadora universal KEMPSHITH, un cabezal de giratorio, debido a que, para la generación de los dientes, no se comercializa una fresa con las características del módulo que se describe en la tabla 3.1 y por tal motivo se tendría que generar una plantilla con las características del diente; además de utilizar un cabezal divisor para sujetar el piñón y dar el giro a la pieza.

El método de fabricación se describe a continuación.

1. Montaje del cabezal giratorio: montar el cabezal giratorio en el husillo de la máquina, figura 3.5.
2. Montaje del cabezal divisor: montar el cabezal divisor universal en la mesa de trabajo de la fresadora figura 3.5.
3. Parametrización del cabezal divisor: una vez montado el cabezal divisor, se engrana el aditamento llamado lira, al eje de la mesa de trabajo con el eje del cabezal divisor con un tren de engranes que describan el movimiento de la hélice apoyándose en el avance de la mesa de trabajo, figura 3.7.
Además, el cabezal divisor permite inclinar su eje de trabajo haciendo que para este caso se tallen los dientes con el ángulo descrito en la tabla 3.1.
4. Sujetar el material: el material a trabajar (previamente se seleccionó el material AISI- 8620 por las características que ofrece) en la fresadora se sujeta en el cabezal divisor, figura 3.6. Este metodo se ilustra en las figuras 3.5, 3.6 y 3.7
5. Basandose en la tabla 3.1 se cuentan ya con las características principales del engrane como son modulo, número de dientes, etc. Para seleccionar la fresa figura 3.8.

6. Configurar los parametros de corte que son 150 RPM y cortes con profundidad de 0.5mm
7. Asegurar que la herramienta este correctamente alineada y continuar con el proceso hasta alcanzar la profundidad del diente.
8. Girar el cabezal divisor hasta el siguiente espacio.

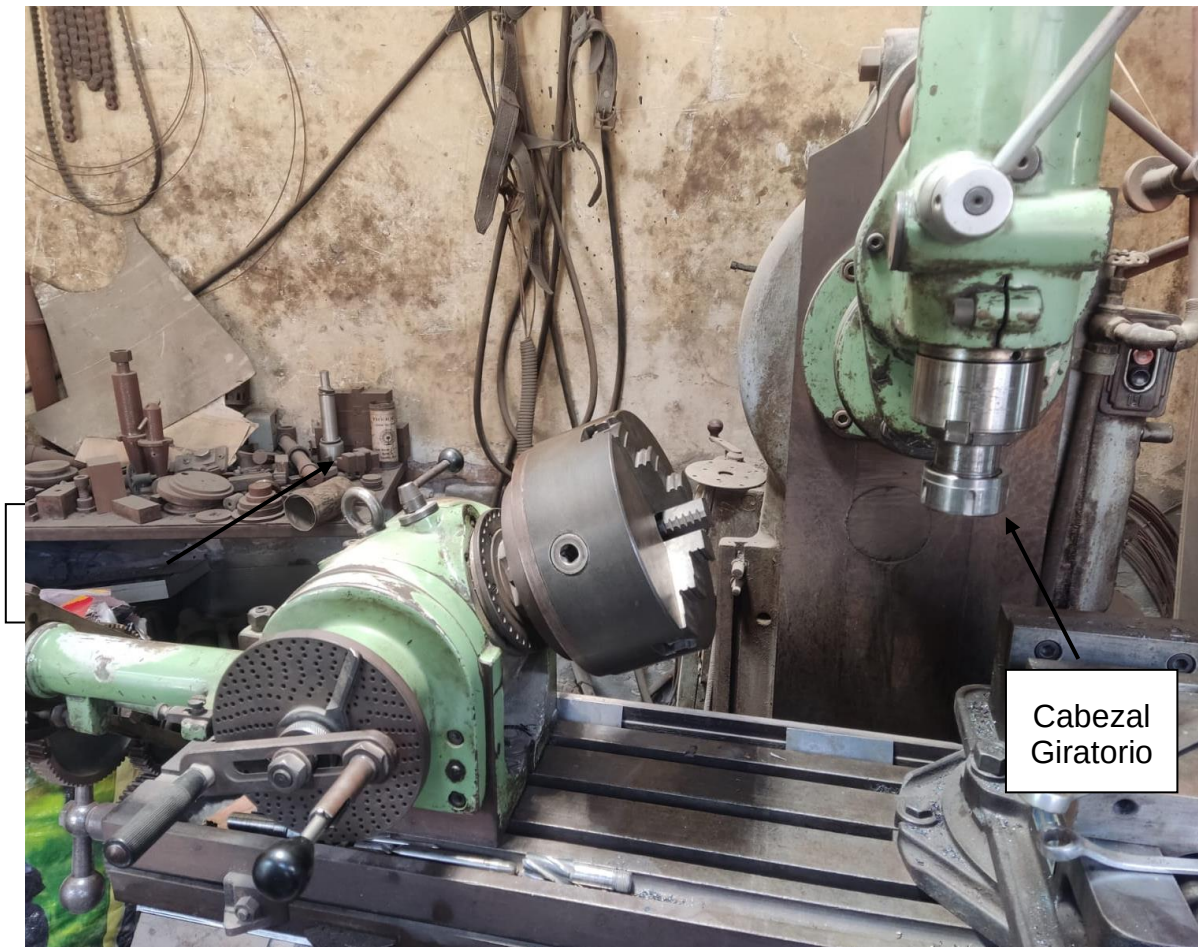


Figura 3.5 Vista Frontal Fresadora Universal



Figura 3.6 Cabezal Divisor.

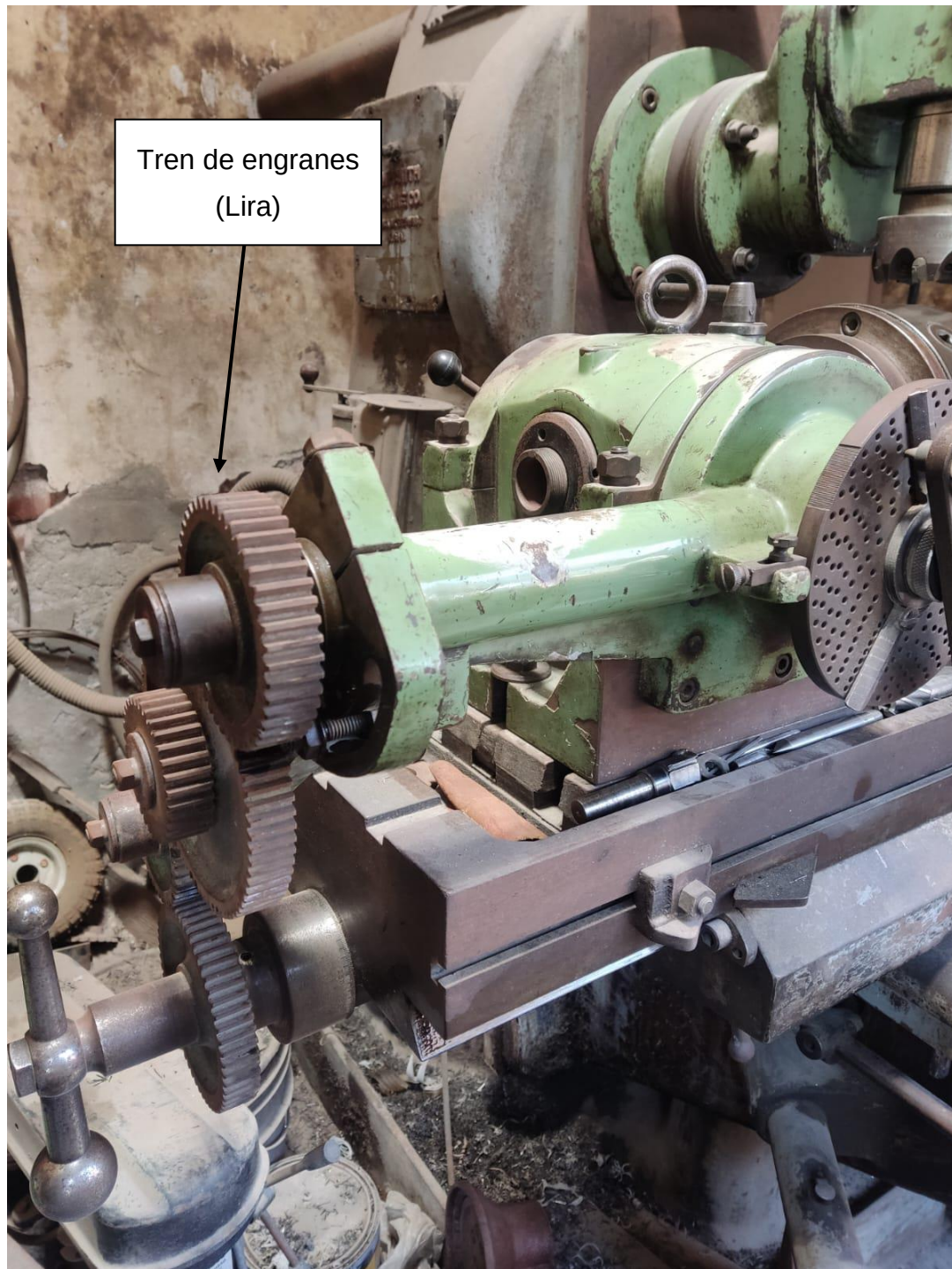


Figura 3.7 Tren de engranes para transmitir movimiento de mesa al giro de cabezal.

3.4 Selección del material

Para la fabricación del engranaje, se utiliza material AISI 8620, debido a las características mecánicas y de tratamiento que posee ya que se adecuan a los

requerimientos para el trabajo adecuado del piñón, además se recomienda que tenga una dureza entre 55 y 60 HRC y una resistencia a la flexión de 380 MPa.

3.5 Verificación

Idealmente la medición de estos elementos se lleva a cabo en máquinas de medición por coordenadas; en la producción en serie se genera un programa para la MMC y se ejecuta para obtener los valores que se solicitan o controlan en proceso.

En un taller la manera más accesible de verificar los detalles críticos es mediante la medición con instrumentos de mano, como el vernier, micrómetro y goniómetro.

Las cotas críticas en el diseño son los diámetros de piñón y corona tanto exteriores como interiores en el caso de la corona, esto se debe medir con micrómetro en el caso de interiores donde tenga acción la corona y el exterior con vernier.

Para este caso en particular se utiliza un micrómetro para medición de dientes de engrane con bolas de 1.5 mm y cuyos valores deben estar entre 27.058 y 27.003.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

Se espera obtener un tren de engranes del tipo cónico hipoidal, con una geometría del diente oblicua similar a las cuerdas de círculo, tallado en una fresadora universal.

El proceso de parametrización de un engranaje hipoide en una fresadora universal puede permitir evaluar diversas variables críticas que afectan tanto la calidad del engranaje como la eficiencia del maquinado. A continuación, se presenta un posible análisis que puede ser utilizado para la evaluación de la pieza fabricada.

4.1 Precisión Dimensional

Los engranajes hipoides fabricados requieren de una alta precisión dimensional con desviaciones mínimas respecto a las dimensiones teóricas. La aplicación de parámetros óptimos de corte y la calibración adecuada de la fresadora tienen que ser determinantes en la consecución de los resultados esperados.

Las mediciones requeridas tienen que mostrar una consistencia en la producción de los engranajes, asegurando que se puedan cumplan las especificaciones requeridas.

4.2 Acabado Superficial

Los valores de rugosidad superficial promedio de los engranajes hipoides fabricados deben ser los requeridos dentro de los rangos aceptables para aplicaciones industriales.

La utilización de fluidos de corte y la elección de herramientas de alta calidad contribuyen significativamente al acabado superficial

En resumen, la parametrización de engranajes hipoides en una fresadora universal ha demostrado ser un método efectivo para producir componentes de alta calidad y precisión. Los resultados obtenidos destacan la importancia de la correcta selección y ajuste de los parámetros de mecanizado, así como la implementación de buenas prácticas de manufactura para mejorar la eficiencia y calidad del proceso productivo.

Conclusiones

La falta de un elemento de maquina singular, puede convertirse en un problema sobre todo cuando no se tiene o existe la refacción necesaria, por lo tanto, la fabricación de un componente en especial, puede ser una alternativa altamente económica, que debería ser considerada dentro del mantenimiento correctivo, por el contrario, la fabricación mediante un equipo tecnológico altamente especializado, no es ni factible y mucho menos rentable para las acciones de mantenimiento.

Los engranajes cónicos hipoidales, se pueden elaborar de una manera que es relativamente sencilla ya que con una tecnología universal y que está disponible en prácticamente cualquier taller esto hace que el sentido económico se vuelva accesible y rentable para casi cualquier personal de mantenimiento.

La tecnología de fabricación de los engranes hipoidales puede ser una opción para los diseñadores que trabajan en nuevos diseños ya que las características tienen muchas ventajas como una alta capacidad de carga un menor ruido y por lo tanto menor exposición a las vibraciones llegando a resultados de funcionamiento mucho más eficientes que lo alcanzado con engranes rectos y cónicos helicoidales

Referencias

- AGMA, ANSI /. «Desig for Bevel Gears.» *American NAtional Standard*. 2005.
- Arizabalaga, Nicolas Larburu. «Maquinas herramientas, Tecnicas.» En *Maquinas herramientas, Tecnicas*, de Nicolas Larburu Arizabalaga. Paraninfo, 2004.
- Casillas, A. L. *Calculos de Taller*. 1975.
- Casson, Lionel. «Great Ages of Man.» *Time Incorporates* (Time incorporated), 1965.
- mecánica, Diseño en ingeniería. *Richard G budynas*. Ciudad de Mexico: MC Graw Hill, 2008.
- Nash, Frederick C. *Fundamentos de mecanica automotriz*. México: Diana, 1979.
- R, Manuel G Rodriguez. «Breve y parcial historia de los engranes.» *Ingenierias*, 2002: vol 5.
- Rodriguez, M. «Enganes: Historia, Fabricacion y Fallas.» *Lecturas de Ingenieria*. UNAM, 2013.
- Roque Calero Perez, José Antonio Carta GONzalez. *Fundamentos de mecanismos y maquinas para igenieros*,. Mc, Graw Hill, 2000.
- Zayas, J. C. *Principios Mecanicos del tren motriz de una caja de cambios manual Tesis*. universidad veracruzana. Veracruz, 2013.