



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

SEMINARIO DE TITULACIÓN
SISTEMAS DE CAD Y CAD-CAM APLICADOS EN
EQUIPOS DE C.N.C.

“DISEÑO Y MANUFACTURA DE REDUCTOR DE VELOCIDAD PARA MÁQUINA PROCESADORA DE AMARANTO”

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO

P R E S E N T A :

FERNANDO YONATAN VEGA CORONA



MÉXICO, D.F.

OCTUBRE DE 2012

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO MECANICO

NOMBRE DEL SEMINARIO: SISTEMAS DE CAD Y CAD-CAM APLICADOS EN EQUIPOS DE C.N.C.

NUMERO DE REGISTRO: DES/ESIME-CUL-2009/55/01/11

DEBERA DESARROLLAR: FERNANDO YONATAN VEGA CORONA

NOMBRE DEL TEMA

Diseño y Manufactura de Reductor de Velocidad para Máquina Procesadora de Amaranto”

CAPITULADO

CAPITULO I ANTECEDENTES

CAPITULO II MANUFACTURA DE ENGRANES

CAPITULO III ANALISIS DE MATERIALES

CAPITULO IV DISEÑO DE TREN DE ENGRANE DE LA MAQUINA

CAPITULO V MEMORIA DE CÁLCULO

CAPITULO VI MAQUINADO DE PIEZAS MEDIANTE CNC

ANEXOS PLANOS DE PIEZAS

Fecha: México D.F. a15 de octubre de 2012

ING. CARLOS SILVA HERNANDEZ
COORDINADORA DEL SEMINARIO

ING. GUADALUPE ISAIAS SANCHEZ CORTES
ASESOR

ING. GUADALUPE ISAIAS SANCHEZ CORTES
JEFE DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

CAPITULADO

CAPITULO I

ANTECEDENTES

CAPITULO II

MANUFACTURA DE ENGRANES

CAPITULO III

ANALISIS DE MATERIALES

CAPITULO IV

DISEÑO DE TREN DE ENGRANE DE LA MAQUINA

CAPITULO V

MEMORIA DE CÁLCULO

CAPITULO VI

MAQUINADO DE PIEZAS MEDIANTE CNC

ANEXOS

PLANOS DE PIEZAS

INDICE

INTRODUCCION	6
PRESENTACION DEL PROYECTO	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
JUSTIFICACION	7
OBJETIVO GENERAL	7
CAPITULO I ANTECEDENTES.....	8
1.1 BREVE HISTORIA DEL AMARANTO.....	9
1.2 VALOR NUTRICIONAL DEL AMARANTO.....	11
1.3 INVESTIGACION DE CAMPO.....	14
1.3.1 DATOS RECABADOS	14
1.3.2 DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACION.....	15
1.3 ANTECEDENTES DE MAQUINAS PARA PROCESAR EL AMARANTO....	16
CAPITULO II MANUFACTURA DE ENGRANES	18
2.1 METODOS PARA LA FABRICACION DE ENGRANES.....	19
2.2 FRESADO DE FORMA	20
2.3 GENERACION POR CREMALLERA.....	22
2.4 GENERACION POR PIÑON (METODO FELLOWS).....	23
2.5 GENERACION POR FRESA MADRE.....	24
2.6 GENERACION POR POLVOS METALICOS (PULVIMETALURGIA).....	26

CAPITULO III ANALISIS DE MATERIALES.....	29
3.1 MATERIALES EN LA INGENIERIA	30
3.2 HIERROS DE FUNDICION	30
3.2.1 HIERRO DE FUNDICION BLANCO	31
3.2.2 HIERRO DE FUNDICION GRIS	31
3.2.3 HIERRO DE FUNDICION MALEABLE	31
3.2.4 HIERRO DE FUNDICION NODULAR	31
3.3 ACEROS	32
3.3.1 ACEROS FUNDIDOS	32
3.3.2 ACERO FORJADO	32
3.3.3 ACERO ROLADO EN CALIENTE	33
3.3.4 ACRO ROLADO EN FRIO	33
3.3.5 ACERO BASICO AL CARBONO	33
3.3.6 ACEROS DE ALEACION	34
3.3.7 ACEROS PARA HERRAMIENTA	34
3.4 SISTEMA DE NUMERACION DE LOS ACEROS	34
3.5 ACEROS INOXIDABLES	36
3.5.1 ACEROS INOXIDABLE MARTENSITICO	36
3.5.2 ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS	36
3.5.3 ACEROS INOXIDABLES MARTENCITICOS	36
3.5.4 ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS	37
3.5.5 ACEROS INOXIDABLES ENDURECIDOS POR PRECIPITACION	37
3.5.6 ACEROS INOXIDABLES DUPLEX	37
3.5.7 LAMINA DE ACERO INOXIDABLE	39
3.6 ALUMINIO	39
3.7 PLASTICOS	41
3.7.1 NYLAMID PA	41
3.7.2 NYLAMID XL	41
3.7.3 NYLAMID 901	42
3.7.4 NYLAMID 6/6	42

3.7.5 NYLAMID 6/6 SL	42
3.7.6 NYLAMID GSM	42
3.7.6 NYLAMID NSM	42
3.7.7 NYLAMID 703 XL	42
3.7.8 NYLAMID LFG	42
3.7.9 NYLAMID LIG	43
CAPITULO IV DISEÑO DEL TREN DE ENGRANE DE LA MAQUINA.....	44
4.1 INTRODUCCION	45
4.2 CARGAS EN FLECHAS	45
4.3 DISEÑO DE FLECHAS	46
4.4 ENGRANES CONICOS	47
4.4.1 ENGRANES CONICOS DE DIENTES RECTOS	48
4.4.2 ENGRANES CONICOS HELICOIDALES	48
4.4.3 ENGRANE CONICO HIPOIDE	49
4.5 NOMENCLATURA ENGRANES	49
4.5.1 ENGRANES SISTEMA METRICO	52
4.5.2 ENGRANES SISTEMA INGLES	53
4.6 HUELGO O JUEGO	54
4.7 AJUSTES	54
4.7.1 AJUSTE CON JUEGO	54
4.7.2 AJUSTE CON APRIETE	54
4.7.3 AJUSTE INDETERMINADO	55
4.8 DESPIECE TREN DE ENGRANES	56
4.9 MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD A LAS ASPAS DE LA REVOLVEDORA.....	58
4.10 TRENES DE ENGRANES	58
4.10.1 TRENES DE ENGRANES SIMPLES	60
4.10.2 TRENES DE ENGRANES COMPUESTOS	61
4.11 POTENCIA EN LA FLECHA	62
4.12 TRANSMISION DE MOVIMIENTO POR POLEAS	63

4.12.1 MECANISMO MULTIPLICADOR Y REDUCTOR DE VELOCIDAD	64
4.12.2 TRANSMISION SIMPLE	65
4.12.3 TRANSMISION COMPUESTA	66
4.13 MOTORES	67
4.13.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA	67
4.13.2 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	69
4.13.3 DESLIZAMIENTO	70
4.13.4 SELECCIÓN DE MOTOR	70
4.13.5 TIPOS DE CARGAS DE LOS MOTORES	71
CAPITULO V MEMORIA DE CALCULO	81
5.1 DIMENCIONES DE LA TOLVA	82
5.2 CALCULO DE PAR TORSOR PARA DEFORMAR MASA	83
5.3 SELECCIÓN DE POTENCIA DEL MOTOR	83
5.4 CALCULOS DE POLEAS PARA REDUCCION DE VELOCIDAD.....	84
5.5 RELACION DE VELOCIDADES DEL TREN DE ENGRANES	85
5.6 CALCULOS DE ELEMENTOS DE ENGRANES.....	86
5.7CALCULOS DE DISTANCIAS ENTRE CENTROS DE FLECHAS.....	90
CAPITULO VI MECANIZADO DE PIEZAS MEDIANTE CNC	
6.1 INTRODUCCION.....	92
6.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	92
6.3 PROGRAMACION PUNTO POR PUNTO.....	92
6.4 PROGRAMACION DE TRAYECCTORIA CONTINUA.....	92
6.5 DESCRIPCION DE FUNCIONES DE CODIGOPARA TORNO CNC.....	93
6.6 DESCRIPCION DE FUNCIONES PARA CENTRO DE MAQUINADO.....	95
6.7 PROCEDIMIENTO PARA ENVIAR PROGRAMAS DEL SIMULADOR A LA MAQUINA	
	98

6.8 MECANIZADO DE ENGRANE UTILIZANDO CATIA.....	101
6.9 EJEMPLO DE PROGRAMA CNC PARA MECANIZADO DE ENGRANE.....	102
6.10 MECANIZADO DE FLECHA UTILIZANDO SIMULADOR DENFORD V1.42.....	103
6.11 EJEMPLO DE PROGRAMACION DE TORNO.....	104
CONCLUSIONES	105
GLOSARIO	106
BIBLIOGRAFIA	107
ANEXOS	108

INTRODUCCION

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir costos y acortar los tiempos de de diseño y producción.

El termino CAD que por sus siglas en ingles “computer aided design” o diseño asistido por computadora, trata acerca de toda la tecnología del uso de ordenadores para realizar tareas de modificación, análisis y optimización de un diseño de alguna parte o un producto ensamble etc. Por otra parte el término CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de operaciones mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

En la práctica el CAD/CAM se utiliza de distintas formas, para producción de dibujos y diseño de documentos, animación por computadora análisis de ingeniería, control de procesos, control de calidad etc. Por tanto para clarificar el ámbito de las técnicas CAD/CAM y de sus herramientas futuras es necesario estudiar las distintas actividades y etapas que deben realizarse en el diseño y fabricación de un producto. Para convertir un concepto o idea en un producto, se pasa por dos procesos principales, el diseño y el de fabricación, a su vez el proceso de diseño se puede dividir en una etapa de síntesis, en la que se crea el producto y una etapa de análisis en la que se verifica, optimiza y evalúa el producto creado. Una vez finalizadas estas etapas se aborda la etapa de la fabricación en la que, en primer lugar se planifican los procesos a realizar y los recursos necesarios pasando después al a fabricación del producto como ultimo paso se realiza un control de calidad del producto resultante antes de pasar a la fase de distribución y mercadotecnia

PRESENTACION DEL PROYECTO

Este proyecto tiene la finalidad de aplicar las tecnologías actuales del CAD/CAM y equipos de cnc en la manufactura y diseño de un mecanismo de reducción de velocidad que será empleada dentro de una maquina procesadora de amaranto para controlar la velocidad de dosificación de la masa

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se entiende que la agroindustria es el conjunto de actividades que transforman, conservan o manipulan materias primas agrarias, para producir bienes de consumo o intermedios para la alimentación humana o animal, y que esta actividad permite a los pequeños y medianos productores agrícolas, aumentar su participación en la formulación del precio del producto final, al asumir etapas de la cadena post-cosecha, como almacenamiento, la transformación, el empaque, el transporte y la comercialización, en forma tal que concuerden con la lógica campesina en cuanto al tamaño, escala de producción, inversión y rentabilidad.

Por estas razones se tomo la decisión de hacer el diseño de una maquina que mejore un producto que actualmente se fabrica de una manera artesanal, ya que en la actualidad no se han desarrollado muchas maquinas para el procesamiento de este tipo de cereales y sobre todo para la fabricación a gran escala del dulce de amaranto mejor conocido como “alegría”

JUSTIFICACION

Mejorar la fabricación del dulce de amaranto tradicional mexicano, ya que su producción es de una manera muy antigua y garantizar a los productores una mejor calidad en el producto.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un mecanismo reductor de velocidad para una maquina procesadora de amaranto y asi mejorar la fabricación del dulce de amaranto tradicional mexicano

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 BREVE HISTORIA DEL AMARANTO

El amaranto tiene origen prehispánico de aproximadamente 4000 a.c. en América Central; produce cantidades significativas de grano de "cereal" comestible. El amaranto también se lo conoce como un "pseudocereal".

El amaranto fue una planta de alta consideración en los pueblos precolombinos. El desconocimiento de los conquistadores provocó su agonía. Actualmente el aporte particular y científico trata de restituirle su lugar como recurso nutricional y económico.

El Amaranto es uno de los cultivos más antiguos de Mesoamérica: los mayas, los aztecas, los Incas, pueblos recolectores y cazadores, lo conocían. Los primeros datos de esta planta datan 10 mil años, según algunos investigadores, y otros, señalan que "las muestras arqueológicas del grano de amaranto o *Amaranthus cruentus*, hallados en Tehuacan, Puebla, se remontan al año 4.000 a.C., e indican que probablemente se originó en América Central y del Sur".

El amaranto fue una planta que dentro de las actividades agrícolas de los pueblos prehispánicos pugnaba en importancia con el maíz y el frijol. Era consumida tanto en forma vegetal como cereal, y la producción del grano estuvo en su máximo apogeo durante los períodos Maya y Azteca en Centroamérica. La situación cambió cuando llegaron los españoles que prohibieron su cultivo y su consumo por considerarla "pagana". Casi lograron erradicarla. Algunos estudiosos sostienen que se trató de una estrategia militar para mantener a la población débil y conquistarla más fácilmente, pues el amaranto era un alimento de guerreros.



En la delegación Xochimilco , en el pueblo de Santiago Tulyehualco, persiste con fuerza un alimento prehispánico que fue duramente reprimido durante la Conquista por sus implicaciones religiosas, el amaranto o huahutli. La Iglesia Católica prohibía las celebraciones indígenas, donde este cereal tenía un lugar privilegiado, ya que representaba la inmortalidad.

El amaranto –base del dulce tradicional de alegría, pero que también sirve para elaborar atoles, galletas, tamales, pulque y más— es el cultivo alrededor del cual gira la economía de todo el pueblo. Prácticamente todas las familias de Tulyehualco se han dedicado históricamente a sembrar el amaranto. La plantita se prepara en almácigos, que se elaboran en chinampas, y cuando ya está lista, se traslada a la tierra de los cerros, donde crece y para el mes de diciembre se realiza la cosecha. El producto se almacena en las casas de los propios productores, quienes lo tuestan gradualmente a lo largo del año para elaborar ellos mismos la alegría y demás alimentos procesados.

Sin embargo, como está ocurriendo en muchas áreas verdes del Distrito Federal (DF), varios de los terrenos de siembra del amaranto se están vendiendo para la construcción de casas habitación, lo cual es una lástima, porque –como lo ha reportado la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades del gobierno capitalino– el amaranto de Tulyehualco ha tendido a declinar en su superficie de siembra, y suma hoy alrededor de sólo 60 hectáreas, a tal grado que el DF está dependiendo para su abasto de producto cultivado en otros estados como Puebla y Tlaxcala. Y hoy día el amaranto está siendo reconocido por ser el cereal de mayor contenido proteínico y porque podría muy bien sustituir comida chatarra en las escuelas.

El amaranto en la alimentación azteca

.Tres alimentos fundamentales. Hasta la fecha, el maíz y el frijol siguen formando la base de la dieta del pueblo mexicano; el amaranto casi se perdió, víctima del choque entre las dos culturas.

Los antiguos mexicanos tenían una alimentación cotidiana sencilla pero balanceada, compuesta básicamente de tortillas de maíz, atole de amaranto o de chía, tamales de maíz y de amaranto, y frijoles. Completaban sus requerimientos nutricionales con una gran variedad de plantas cultivadas y silvestres, y con infinidad de insectos y batracios cuya utilización se ha olvidado casi totalmente en la actualidad.

Distinguían tres grupos de plantas: toda verdura o hierba comestible se llamaba (quelite); las plantas no comestibles y las dañinas las llamaban (jehuite); las gramíneas y ciperáceas silvestres, y por extensión a las cañas secas o rastrojos del maíz las llamaban (zacate).

Los aztecas hacían dos comidas al día: una a media mañana y una a media tarde, cuando el calor era más fuerte. El amaranto solía ser el primer alimento de la mañana y el último de la tarde: Acostumbraban desayunar un tazón de atole a base de maíz o de amaranto, y antes de dormir se alimentaban con una refrescante y sabrosa bebida preparada con amaranto o chía, similar al agua de horchata. La de la tarde era la comida fuerte, y en ella se consumían maíz, frijol y salsa de chile, acompañándolos con tamales de maíz o panes de amaranto.

Las clases superiores tenían una cocina refinada y muy variada. Sahagún nos relata la gran habilidad de los cocineros aztecas y la enorme diversidad de platillos que preparaban; en muchos de ellos el amaranto era utilizado —ya sea en forma de grano o de verdura— para elaborar diversos alimentos y bebidas.

Los indígenas conocían y consumían una vasta variedad de plantas cultivadas y silvestres; muchas de ellas se vendían en los mercados o , especialmente las hojas tiernas.

1.2 VALOR NUTRICIONAL DEL AMARANTO

El balance nutritivo de la dieta de los antiguos mexicanos

Mediante la ingesta diaria de 800 gramos de una combinación de maíz (300), frijol (200) chía (200) y amaranto (100) se logra superar los requerimientos de energía, proteína, lípidos, calcio, fósforo, vitamina A y vitamina C, y casi suficientemente se cubren los de tiamina, riboflavina y niacina. La nutrición adecuada de los pueblos mesoamericanos explica el notable desarrollo cultural que alcanzaron, lo cual no hubiera podido lograrse sin el balance dietético que les proporcionaba su sabia combinación de granos.

El amaranto aporta principalmente la lisina que le falta al maíz, permitiendo la síntesis de la proteína humana.

El amaranto en la alimentación azteca

En el siglo XVI, doce frailes se propusieron recuperar la historia y los secretos de la cultura indígena, y recurrieron a los , aquellos sabios auténticos de quienes las crónicas dicen: “...es suya la tinta negra y roja, de él son los códices... él mismo es escritura y sabiduría, es camino y sabiduría... Los que están mirando, los que cuentan lo que ven... los que vuelven ruidosamente las hojas de los códices”.

Cuando les preguntaron a estos sabios cuáles eran las bases del sostenimiento de su civilización y de su cultura, ellos les contestaron: “lo que conserva la vida: el maíz, el frijol, el amaranto”.

Tres alimentos fundamentales. Hasta la fecha, el maíz y el frijol siguen formando la base de la dieta del pueblo mexicano; el amaranto casi se perdió, víctima del choque entre las dos culturas.

Los antiguos mexicanos tenían una alimentación cotidiana sencilla pero balanceada, compuesta básicamente de tortillas de maíz, atole de amaranto o de chía, tamales de maíz y de amaranto, y frijoles. Completaban sus requerimientos nutricionales con una gran variedad de plantas cultivadas y silvestres, y con infinidad de insectos y batracios cuya utilización se ha olvidado casi totalmente en la actualidad. Distinguían tres grupos de plantas: toda verdura o hierba comestible se llamaba (quelite); las plantas no comestibles y las dañinas las llamaban (jehuite); las gramíneas y ciperáceas silvestres, y por extensión a las cañas secas o rastrojos del maíz las llamaban (zacate).

Los aztecas hacían dos comidas al día: una a media mañana y una a media tarde, cuando el calor era más fuerte. El amaranto solía ser el primer alimento de la mañana y el último de la tarde: Acostumbraban desayunar un tazón de atole a base de maíz o de amaranto, y antes de dormir se alimentaban con una refrescante y sabrosa bebida preparada con amaranto o chía, similar al agua de horchata. La de la tarde era la comida fuerte, y en ella se consumían maíz, frijol y salsa de chile, acompañándolos con tamales de maíz o panes de amaranto.

Las clases superiores tenían una cocina refinada y muy variada. Sahagún nos relata la gran habilidad de los cocineros aztecas y la enorme diversidad de platillos que preparaban; en muchos de ellos el amaranto era utilizado —ya sea en forma de grano o de verdura— para elaborar diversos alimentos y bebidas.

Los indígenas conocían y consumían una vasta variedad de plantas cultivadas y silvestres; muchas de ellas se vendían en los mercados o , especialmente las hojas tiernas.



Autoproducción de amaranto

Además de lo que recibían como tributo, el pueblo azteca sembraba el amaranto para satisfacer sus necesidades propias.

Un texto del siglo XVI describe: “Se encuentran en esta Nueva España muchas especies de armuelle silvestre que los mexicanos acostumbran llamar en general o y siembran y cultivan con gran esmero en sus huertos y jardines...”.

Un método muy original de los antiguos mexicanos, y que se conserva hasta la fecha como práctica cotidiana en la zona de Xochimilco, es el cultivo por medio de chinampas sobre el lago. Este fue el sistema más productivo de Mesoamérica por su elevada capacidad para soportar una producción agrícola intensiva debido a las condiciones de humedad del suelo blando y a la abundante fertilización orgánica de la chinampa.

El amaranto se encontraba en la rica tierra de la chinampa, misma que era fertilizada con el cieno del fondo del lago, extraído de una profundidad máxima de tres metros, así como con la composta de la vegetación la cumbre flotante, compuesta principalmente de tule y lirios de agua.

La tecnología de cultivo en chinampas y en las riberas de los lagos fue muy común en el México central, que en aquella época y todavía hasta el siglo XVIII contaba con más de 124 mil cuerpos de agua. En la actualidad hay menos de un millar de lagunas por efecto de la urbanización, la deforestación y el deterioro ecológico.

1.3 INVESTIGACION DE CAMPO

Se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado. El investigador trabaja en el ambiente natural en que conviven las personas y las fuentes consultadas, de las que obtendrán los datos más relevantes a ser analizados.

En este caso se visito el taller del señor Marco Antonio Bravo ubicado en tulyehualco Xochimilco, productor y distribuidor de productos de amaranto para obtener datos y necesidades reales de esta industria.

1.3.1 Datos recabados

Productos elaborados con amaranto: atole de amaranto, harina, mazapán, obleas, pan, y las famosas alegrías

Costo de 1 tonelada de amaranto sin tostar 18,000.00\$

Costo de 1 tonelada de amaranto tostada 23,000.00\$

Ventas de dulce de alegría mensuales (promedio) 100,000.00\$

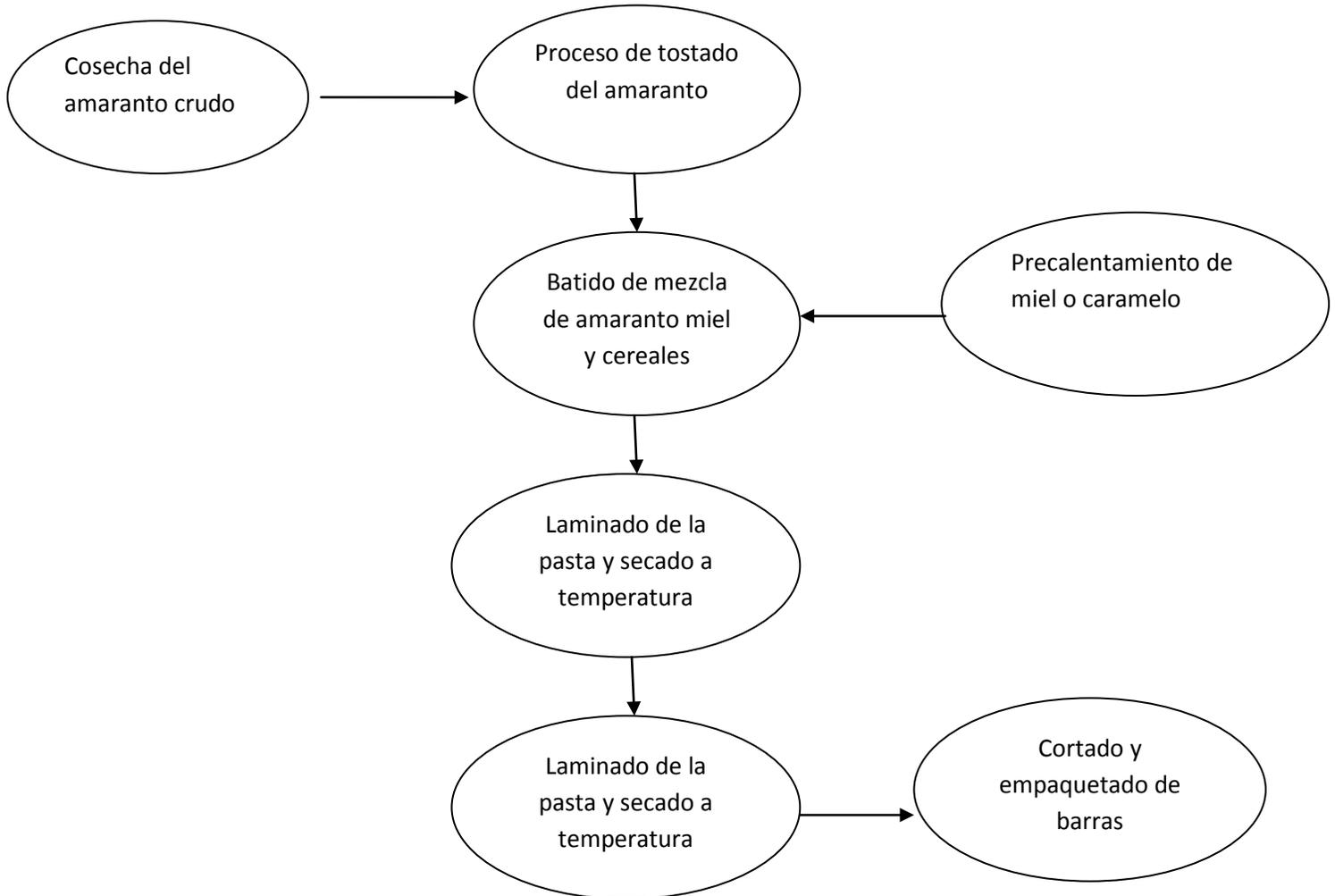
Personas laborando en la empresa 35 personas

Cantidad de amaranto procesado al mes aprox. 1 tonelada



Empresa donde se fabrican algunos productos del amaranto

1.3.2 Diagrama del proceso de fabricación de dulce de amaranto



Proceso de cortado del dulce de amaranto.

1.4 Antecedentes de maquinas para procesar amaranto

En este caso se hizo la investigación del proceso de fabricación del dulce de amaranto; con la maquina propuesta se pretende incorporar el proceso de mezclado, batido y laminado de la pasta para así optimizar el tiempo de producción del producto



Maquina donde se aplana el amaranto la mezcla del amaranto



Revolvedora vista desde afuera



Vista interna de maquina revolvedora.

Datos recabados durante la Investigación

- Ventas mensuales de productos de amaranto
- \$100,000.00 pesos
- Costo de una tonelada de amaranto \$18,000 pesos

Costo de una tonelada tostada de amaranto

\$23,000.00 pesos

Los meses de octubre noviembre y diciembre se venden mas de \$100,000.00 pesos.

Además de dulce de amaranto también se elabora atole de amaranto, mazapán, harina, obleas y pan.

CAPITULO II

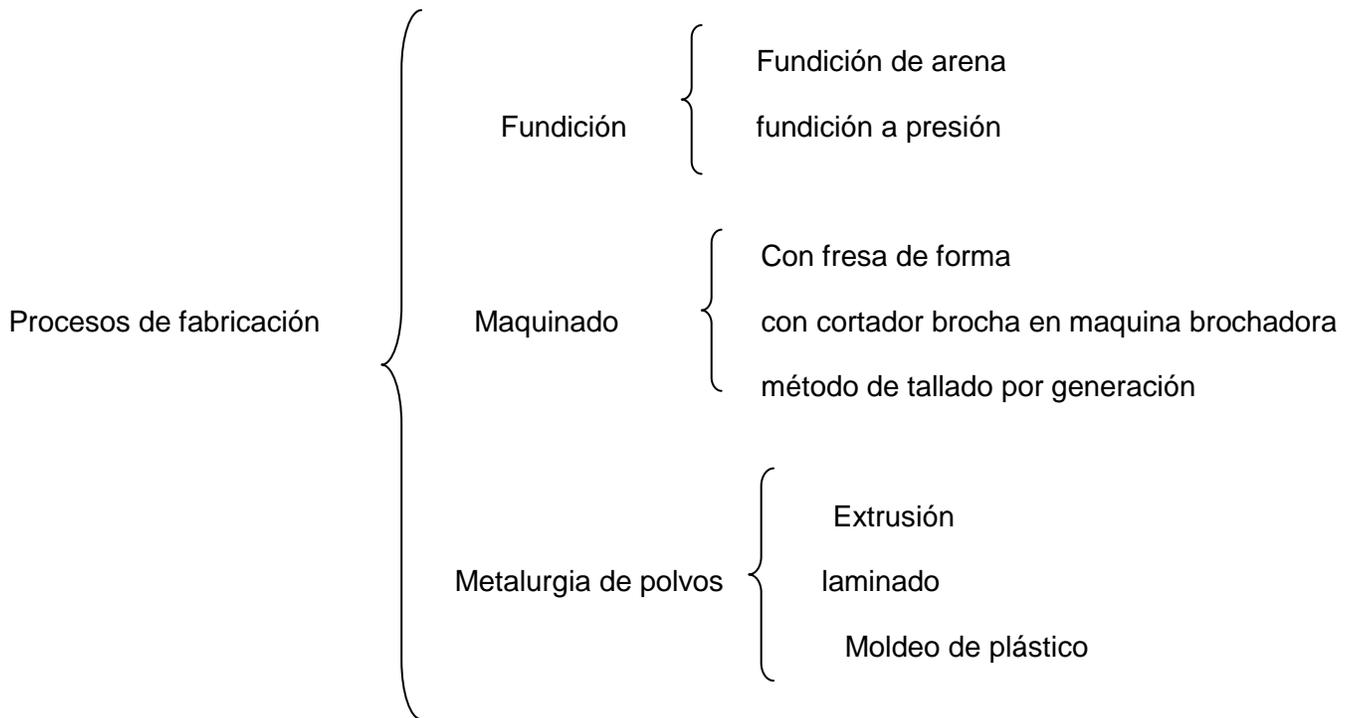
MANUFACTURA DE

ENGRANES

2.1 METODOS PARA FABRICAR ENGRANES

La mayoría de los engranes se conforman por el proceso de maquinado, la precisión de la maquina donde se efectuó el trabajo es esencial para obtener engranes que deban operar bajo condiciones de bajo nivel de ruido, bajo desgaste y alta velocidad. Los engranes que deben operar a bajas velocidades y que tienen que operar a la intemperie pueden fabricarse de fundición de arena, aunque estos no son apropiados para transmitir potencia. Los engranes obtenidos por fundición a presión o por fundición por revestimiento han demostrado un funcionamiento mas satisfactorio. Los materiales que se utilizan para los engranes fundidos a presión o por revestimiento son metales de bajo punto de fusión y las aleaciones; consecuentemente estos engranes no tienen la misma resistencia al desgaste que los engranes de acero tratado.

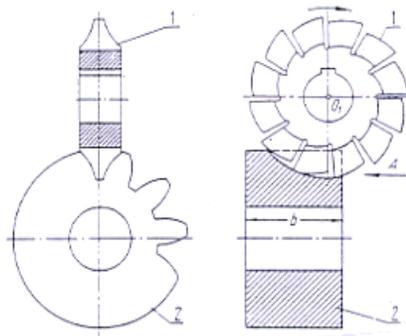
Los métodos de fabricación más comúnmente utilizados en la producción de engranes son:



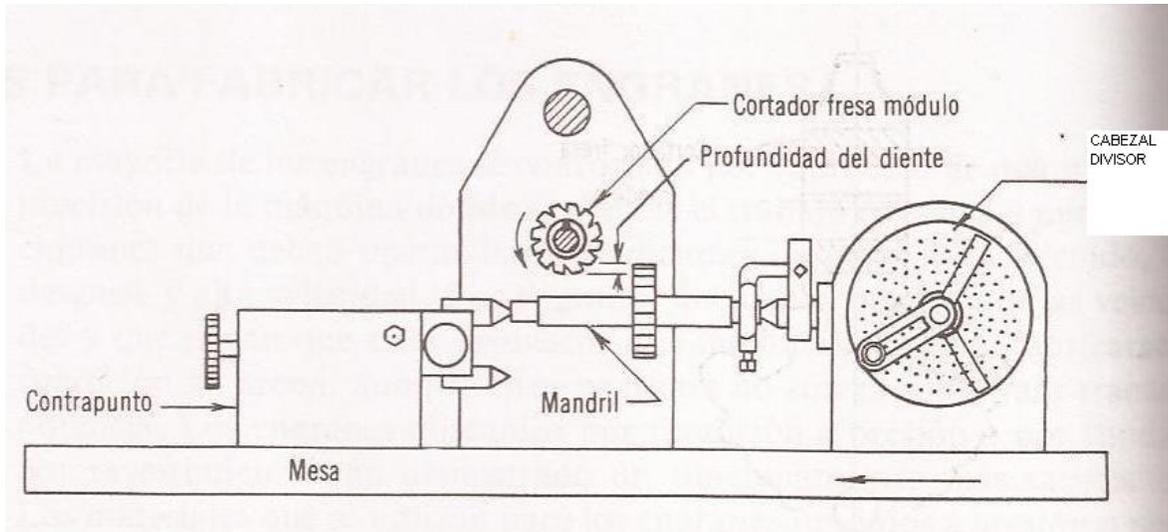
2.2 Fresado de forma

Existen varias formas para maquinar los engranes rectos, la mas antigua de los cuales consiste en utilizar una fresa de forma para quitar el material entre los dientes a medida que el disco para engranaje se posiciona a lo largo de una revolución completa en una fresadora. Este método produce un perfil compuesto de involuta y cicloide y encuentra aplicación principalmente en la fabricación de engranes de repuesto que no se pueden obtener económicamente a partir de las formas convencionales. Este método también se utiliza para producir engranes con dientes de gran tamaño que no pueden cortarse con generadores para engranes convencionales.

El tallado de engranes es un método de gran difusión, similar a la talla por cepillado, pero aquí en lugar de una cuchilla con 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 siguiente hueco.



El tallado de forma puede ocasionalmente emplearse para la fabricación de engranes cónicos, pero no es apropiado debido al agrandamiento progresivo del espesor de los dientes. Sin embargo cuando se llegan a tallar engranes cónicos rectos, estos se consiguen efectuando cuando menos de dos pasadas en cada intervalo. El principio del tallado de forma se aplica en las maquinas brochadoras que emplean herramientas llamadas brochas conformadas al intervalo del dentado de un engrane dado. Piezas pequeñas con dentado interno se tallan en una sola pasada empleando una herramienta que tiene el mismo número de dientes cortantes como dientes requiera dicha pieza. El brochado esta limitado a la producción masiva debido al alto costo de las herramientas. En la práctica se utilizan 8 fresas para cada módulo, sirviendo cada fresa para una gama de números de dientes. De aquí se desprende que este tallado no es de mucha precisión



Esquema del proceso de cortado de un engrane por el método de fresado mediante cortador

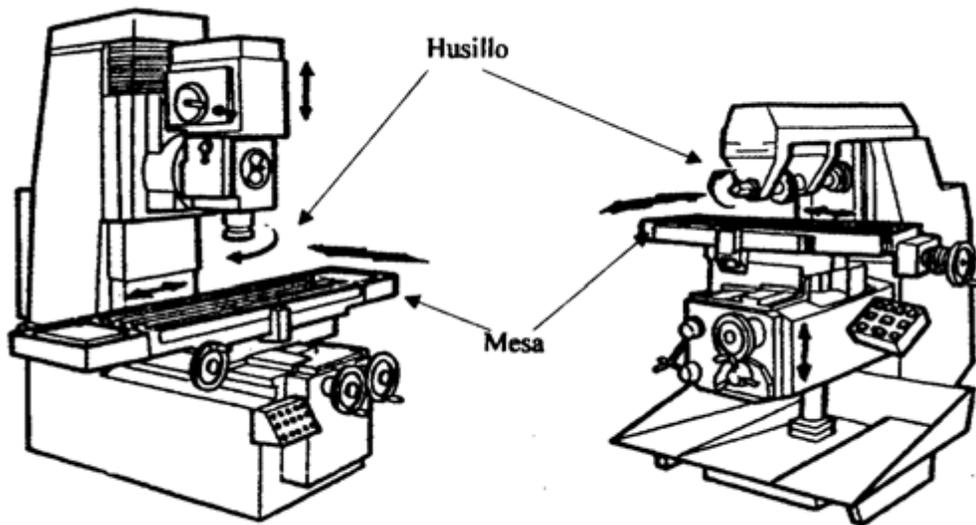


Cortador para fresa de forma

Maquinas fresadoras

Partes de maquina fresadora

- **Husillo:** lugar de montaje de la herramienta
-Debe producir el par necesario para producir el corte
 - **Mesa:** lugar de montaje de la pieza
-Entre mesa y husillo se posibilitan movimientos en los 3 ejes
- Ejemplos de fresadoras:

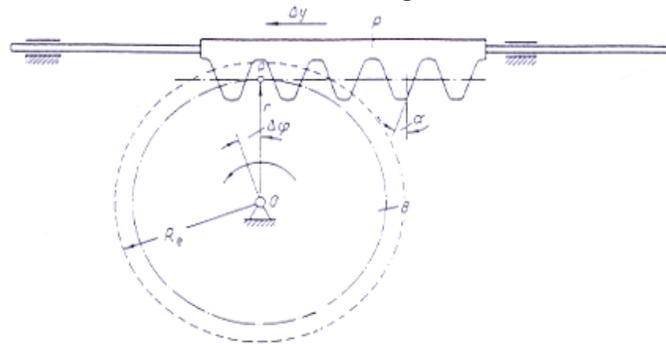


Fresadora vertical (izquierda) , fresadora horizontal (derecha)

2.3 Generación por cremallera

Aprovechando la última propiedad del perfil de evolvente -*todos los perfiles de evolvente son conjugados a una ruleta constituida por un plano móvil, que apoya sobre una base que es la circunferencia primitiva del engranaje, con un perfil solidario que es una línea recta*-, podemos generar los engranes por medio de una cremallera, haciendo que la línea primitiva de ésta ruede sobre la circunferencia primitiva del engranaje.

La cremallera consiste en varios planos rectos unidos rígidamente, de modo que pueden generarse simultáneamente las dos caras del diente. Partiendo de un cilindro de acero, la cremallera se emplea como herramienta de corte en el sentido perpendicular al plano del dibujo. Una vez efectuado el corte, se levanta la cremallera, se gira el engrane que se está tallando un ángulo $\Delta\phi$, se avanza la cremallera $R \cdot \Delta\phi$ y se corta otra vez. Repitiendo esta operación sucesivas veces obtenemos el engrane



Es un hecho de que cualquier engrane, perfil envolvente y de un modulo dado se conjugara con una cremallera del mismo modulo. Una forma de tallar los engranes consiste en utilizar una cremallera como herramienta. Si a dicha herramienta se le da un movimiento alternativo, los dientes del perfil envolvente se generaran con el engrane en el momento en que empieza a rodar con la herramienta cremallera. Este método se ilustra. Tales maquinas requieren una herramienta cremallera larga para poder tallar todos los dientes en un engrane de tamaño considerable y por esta razón su uso esta restringido el sistema de tallado por generación con fresa madre es algo similar al principio del antes descrito

2.4 Generación por piñón

Como todos los perfiles de evolvente son conjugados entre sí, también podemos generar una rueda haciéndola engranar con un piñón herramienta (H) con un determinado número de dientes (z_H). El proceso de tallado puede llevarse a cabo de dos formas posibles:

- Si la pieza bruta (B) de la futura rueda dentada se fabrica en material blando, girando ambas piezas tal y como se aprecia en la figura con velocidades ω y ω_H , la herramienta (H) penetra en la pieza bruta (B) generando los perfiles conjugados a los perfiles de los dientes de la herramienta. Este método -poco extendido- se suele emplear para ruedas dentadas de módulo pequeño.

Cuando el material de partida es blando puede ser directamente mecanizado en frío, en caso contrario necesita de un precalentamiento. El número de dientes generados vendrá determinado por la relación de velocidades angulares, ya que:

$$\omega_H/\omega = z/z_H$$

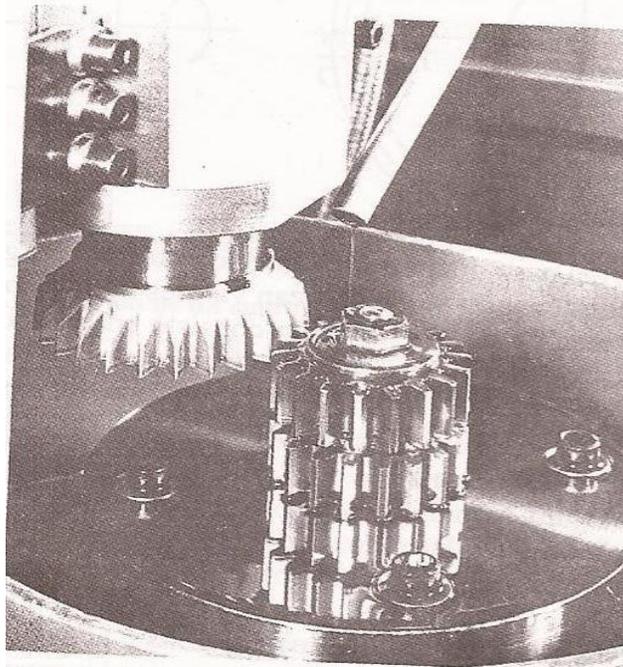
El procedimiento puede invertirse manteniendo una de las ruedas fijas y variando la velocidad angular de la otra para obtener el número de dientes "z" deseado. Por consiguiente basta con una sola rueda-herramienta de módulo "m" dado para poder fabricar ruedas dentadas del mismo módulo y con diferentes números de dientes "z".

– Generación por piñón

- Análogamente al caso de la cremallera, pero con una mortajadora en forma de piñón . La rueda herramienta (H) con z_H dientes se afila y convierte en herramienta de corte. La mortajadora además del giro comunica un movimiento complementario de vaivén axial.

Después de cada operación de corte la rueda-herramienta y la pieza bruta giran unos ángulos que mantienen la misma relación que las velocidades angulares:

$$\Delta\phi_H/\Delta\phi = z/z_H$$

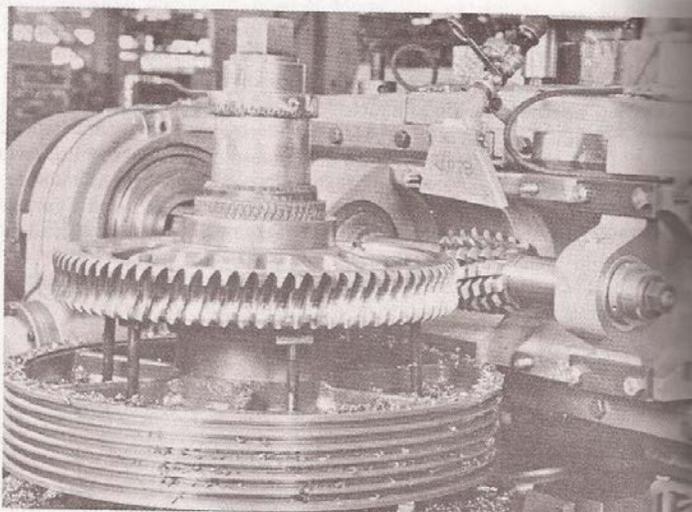


2.5 Generación por fresa madre

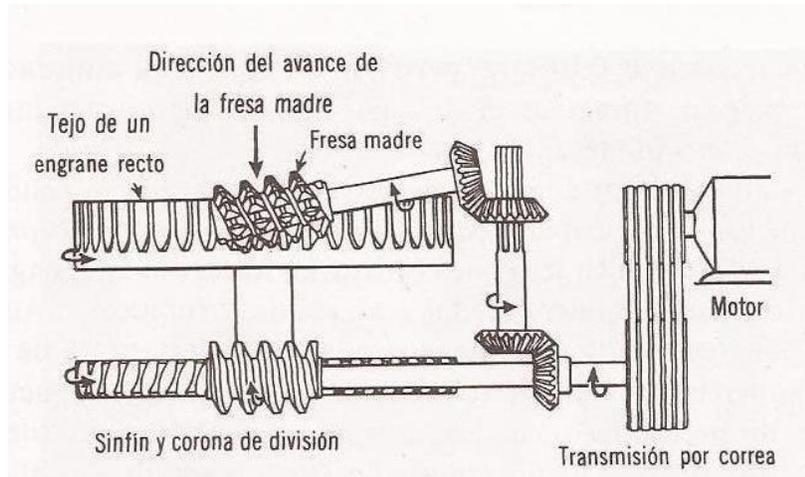
Es un hecho que cualquier engrane de perfil envolvente y de un modulo dado se conjugara con una cremallera del mismo modulo. Una forma de tallar los engranes consiste en utilizar una cremallera del mismo modulo. Una forma de tallar los engranes consiste en utilizar una cremallera como herramienta. Si a dicha herramienta se le da un movimiento alternativo, similar al tallado en una maquina fellows, los dientes del perfil envolvente se generaran con el engrane en el momento en que empieza a rodar con la herramienta cremallera. Tales maquinas requieren una herramienta cremallera larga para poder tallar todos los dientes en un engrane de tamaño considerable y por esta razón su uso esta restringido.

El sistema de tallado por generación con fresa madre es algo similar al principio antes descrito, supóngase que se enrolla una cremallera en un cilindro formando una hélice a un determinado avance como sucede en los tornillos. Si axialmente se le tallan ranuras se forman dientes cortantes a manera de cremallera. Esta herramienta vista axialmente se parece a un cortador de modulo. Esta herramienta de corte conocida como fresa madre se puede definir como un sinfín de acero provisto de ranuras.

El tallado por generación con fresa madre se define entonces como el método que consiste en hacer girar y avanzar una herramienta sinfín, ranurada axialmente, contra el tejo que a su vez gira conjugadamente. Esta acción se ilustra a continuación en la que se efectúa la pasada de de acabado en los dientes de una rueda para sin fin a la profundidad requerida utilizando una fresa madre de movimiento giratorio. Todos los movimientos son giratorios, no hay movimientos de división diente a diente, ni movimientos alternativos en este método de tallado, el engrane y la fresa madre ruedan conjugadamente. La relación e velocidad de los dos depende del numero de dientes en el engrane y del numero de entradas o hilos en la fresa madre.



La velocidad rotacional de la fresa madre se gobierna por trenes de cambio que varían la velocidad del árbol conductor principal. Al iniciar la operación, el tejo del engrane se mueve contra la fresa madre a la profundidad de corte apropiada, según se trate de la operación de desbaste o la operación de de terminado; la velocidad tangencial en la línea primitiva del engrane es la misma que la correspondiente velocidad en la fresa madre, la acción es la misma como si el engrane estuviera conjugado con una cremallera. Una vez ajustada la profundidad de corte, la fresa madre se hace avanzar atacando por la cara del engrane hasta que se terminan los dientes, proceso durante el cual tanto el engrane como el cortador se encuentran girando conjugadamente. Debido a que los dientes de la fresa madre tienen cierta inclinación, el eje de la fresa madre no puede formar un ángulo recto con el eje del engrane, si el engrane es recto, si no que deberá desplazarse en la dirección apropiada a un ángulo igual al de la hélice de la fresa madre.



Generación por polvos metálicos

En este proceso se preparan aleaciones mezclando los polvos metálicos secos, en ocasiones, combinados con otros elementos como cerámicos o polímeros, prensándolos a alta presión y calentándolos después a temperaturas justo por debajo del punto de fusión del metal principal durante el tiempo suficiente para que se enlacen las partículas de los diferentes polvos; el resultado es una aleación sólida y homogénea con propiedades especiales. El desperdicio de materiales es reducido; admite combinación de esas mezclas poco comunes, y permite lograr grados de porosidad y permeabilidad controlados.

Estas características hacen que la pulvimetalurgia se identifique como un proceso eficiente, de alta productividad, con ahorro de energía y materias primas.

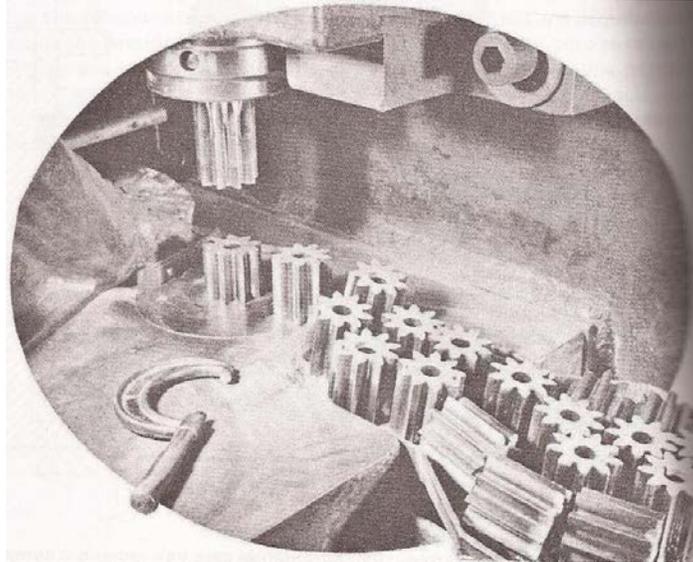
Consecuentemente, la tecnología de polvos, está creciendo y reemplazando métodos tradicionales para conformar piezas metálicas como la fundición y la forja. Además, es una técnica de manufactura flexible y útil para un amplio rango de aplicaciones, como por ejemplo compuestos resistentes al desgaste, filamentos de tungsteno para ampolletas, restauraciones dentales, rodamientos auto-lubricantes, engranes de transmisión para automóviles, componentes eléctricos, refuerzos para tecnología nuclear, implantes ortopédicos, filtros, pilas recargables, y piezas para aeronaves. Otros ejemplos son los discos de esmerilar, brocas y herramientas de corte y desbaste.

La pulvimetalurgia comienza con la fabricación de los polvos metálicos; y aunque todos los metales pueden producirse en forma de polvo, no todos cumplen con las características necesarias para poder conformar una pieza.

Los dos metales más utilizados para la producción de polvo para la fabricación de componentes son el cobre y el hierro; como reemplazo del cobre se utilizan el bronce para hacer cojinetes porosos y el latón para pequeñas piezas de maquinaria, además se combinan latón y acero para partes estructurales; también, aunque en menor proporción, se emplean polvos de acero inoxidable, níquel, plata, tungsteno, tantalio, titanio, cobalto, zirconio, grafito, aluminio y diferentes carburos y óxidos metálicos.

La selección y aplicación de un polvo dependen del tipo de material y los objetivos que se quieran alcanzar, por esto, en la industria se eligen los polvos según su forma, tamaño y distribución de las partículas, además de su pureza, densidad, velocidad de flujo y compresibilidad, ya que estas características determinan las propiedades finales de las piezas. Para la producción de polvos

metálicos existen diversos procedimientos, la fabricación se realiza por métodos químicos y electrolíticos; pero sobre todo por pulverización de metales líquidos mediante chorro de aire comprimido o con chorros de vapor de agua.



Una vez obtenidos los polvos metálicos, el proceso para conformar una pieza por pulvimetalurgia se puede resumir en tres etapas:

Dosificación y Mezcla: Los polvos metálicos se deben mezclar con sus respectivas adiciones (dependiendo de las propiedades deseadas para la pieza terminada), para crear una mezcla homogénea de ingredientes. Generalmente, para obtener las características requeridas es necesario mezclar polvos de tamaños y composiciones diferentes; igualmente, se pueden añadir aditivos que actúen como lubricantes durante el compactado o aglutinantes (estearato de zinc) que incrementen la resistencia del compactado crudo.

El tiempo de mezclado puede variar desde unos pocos minutos hasta varios días, dependiendo del material y de los resultados deseados.

• **Compactado:** Esta es la operación más importante dentro de la metalurgia de polvos, en ella se introduce la mezcla en un molde de acero o carburo rígido y se compacta bajo presión hasta obtener una pieza con la forma y el tamaño deseado. La mayor parte del compactado se hace en frío, aunque hay algunas aplicaciones para las cuales la mezcla se presiona en caliente; la compresión en caliente produce mayor exactitud de la pieza. El objetivo de la presión es unir las partículas, generar enlaces entre los átomos e incrementar la densidad de la mezcla. En teoría, si un polvo se comprime lo suficiente, alcanzará el 100 por ciento de la densidad y la resistencia del metal original al ser sinterizado.

• **Sinterizado:** En esta etapa la mezcla comprimida adquiere la resistencia y fuerza definitiva. Las piezas se introducen en un horno con temperatura controlada que no excede el punto de fundición del metal base (entre el 60 y 90 por ciento antes de la fusión), con esto se logra la difusión atómica del material y la unión entre los diferentes polvos, lograda durante el proceso de compactación, y se fortalecen los enlaces metalúrgicos para formar una pieza uniforme con propiedades especiales. En la mayoría de los casos se usan hornos eléctricos pero si se necesitan temperaturas superiores, se utilizan múltiples tipos de hornos, todo depende de los polvos que se empleen, por lo que existen tantas temperaturas de sinterización como materiales utilizados.



La pulvimetalurgia también se usa en gran medida en la producción de materiales con aplicaciones magnéticas empleados en la industria eléctrica y electrónica. Además, para crear metales duros que se utilizan extensamente en la fabricación de herramientas de corte para conformar y mecanizar; y en la minería para perforaciones y manipulación de mineral. Los más recientes avances muestran que la tecnología de polvos se ha constituido en una valiosa herramienta en el desarrollo de materiales especiales, incluso en el terreno de los 'hardmaterials', así es como expertos ingenieros de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) han desarrollado el Diboruro de renio, una nueva aleación 'superdura' a través de PM, el cual puede rallar el diamante con facilidad y se puede fabricar con relativa sencillez.

Hasta ahora todos los materiales que competían con el diamante en dureza se fabricaban a altas presiones y temperaturas, por su parte el Diboruro de renio se obtiene de una mezcla de Boro y Renio por la que se hace pasar una corriente eléctrica (sinterización por resistencia).

Estos adelantos han hecho posible la fabricación de partes a través de la pulvimetalurgia con propiedades, en muchos casos, superiores a piezas fabricadas por los métodos tradicionales. Por ello, sin duda, son indiscutibles las ventajas y oportunidades para la industria, entre las que se destacan:

- *Limpieza metalúrgica:* La mínima presencia de óxidos y sulfuros en comparación a otros métodos de elaboración resulta en una mayor tenacidad
- *Uniformidad de estructura:* Debido al proceso de fabricación, se obtiene un producto de perfecta homogeneidad.

Resistencia al desgaste y dureza en caliente: Los materiales pulvimetalúrgicos especiales para herramienta y altamente aleados, preservan su alta dureza en caliente, así como altísima resistencia al desgaste para ser aplicados en herramientas de corte, embutido, extrusión y conformado y roscado en frío.

- *Maquinabilidad:* Permiten excelente maquinado y rectificado, incluso, para grados que tienen alto contenido de Vanadio.
- Porosidad controlada.
- Tolerancias reducidas y acabado superficial de alta calidad.
- Por la calidad y pureza de los polvos producidos, se pueden obtener también piezas de alta pureza.
- No hay pérdidas de material.

CAPITULO III

ANALISIS DE MATERIALES

3.1 Los materiales en ingeniería

El proyecto y manufactura de un producto, es esencial que el material y método de fabricación sean compatibles. Los materiales difieren ampliamente en sus propiedades físicas, sus características de maquinabilidad, su grado de conformación plástica en sus posibles índices de vida de servicio. El proyectista deberá considerar estos factores al seleccionar el material mas económico y el proceso que sea el mas adecuado al producto que se estudia. Los materiales son de dos tipos básicos: los metálicos y los no metálicos.

Los materiales no metálicos se clasifican a su vez en sustancias orgánicas e inorgánicas.

Los materiales metálicos se clasifican en ferrosos y no ferrosos. Dado que hay un numero infinito de materiales no metálicos y de materiales aleados o no aleados, se hace necesario realizar un estudio profundo para llegar a seleccionar el material mas apropiado.

Pocos materiales usados en la industria existen como elementos naturales. Los metales por ejemplo, tienen componentes inherentes tales como óxidos, sulfuros o carbonatos y deben someterse a un proceso de separación o de refinamiento antes de que puedan ser utilizados.

En el trabajo de los metales el hierro es tal vez el elemento natural mas importante. El hierro en estado puro tiene poco uso comercial, pero cuando se combina con otros elementos da lugar a varias aleaciones convirtiéndose en el metal por excelencia de la ingeniería. Los metales no ferrosos incluyendo el cobre, el estaño, zinc, níquel, magnesio, aluminio, plomo y otros, todos juegan un papel importante pues cada uno tiene propiedades y usos específicos.

3.2 Hierros de fundición

Los hierros fundidos constituyen una familia completa de materiales. Sus principales ventajas son su costo relativamente bajo y su facilidad de fabricación. Algunos son débiles a la tensión comparados con los aceros, pero igual que la mayor parte de los materiales fundidos tienen altas resistencias a la compresión. Su densidad es ligeramente inferior a la del acero en aproximadamente 0.25 lb/in³ (6920 Kg/m³)

La mayoría de los hierros fundidos no exhiben una relación lineal esfuerzo deformación por debajo del límite elástico, es decir, no obedecen la ley de Hooke.

Su módulo de elasticidad E se estima trazando una línea desde el origen hasta un punto sobre la curva a la cuarta parte de la resistencia máxima a la tensión y el rango de 14-25 Mpsi (97- 172 MPa). La composición química del hierro fundido difiere del acero principalmente por su mayor contenido de carbono, entre 2 y 4.5%.

Esta considerable cantidad de carbono, presente en algunos hierros fundidos en forma de grafito, hace que estas aleaciones sean fáciles de vaciar como liquido de fundición y también fáciles de maquinar cuando pasan a estado sólido.

El proceso de fabricación mas común es el vaciado en arena, con operaciones de maquinado subsecuentes pero en cambio los hierros fundidos no sueldan con facilidad

3.2.1 Hierro de fundición blanco

Es un materia muy duro y frágil. Es difícil de maquinar y tiene usos limitados, como recubrimientos para mezcladoras de cemento, donde es necesaria la dureza

3.2.2 Hierro de fundición gris

Es el hierro colado de uso mas común. Sus escamas de grafito le dan apariencia y nombre, la ASTM gradúa el hierro gris en siete clases, basadas en la resistencia mínima a la tracción en kpsi. La clase 20 tiene una resistencia a la tensión mínima de 20kpsi (138 MPA)

Los números de clase 20, 25, 30, 35, 40, 50 y 60 van representando el punto de fluencia a la tensión en Kpsi. Su costo aumenta al incrementar su resistencia a la tensión. Esta aleación es fácil de vaciar como fusión liquida y fácil de maquinar como solido; además, ofrece buena amortiguación acústica. Esto la hace de elección popular para bastidores de maquinas, bloques de motores, rotores etc.

Las escamas de grafito también le dan buena lubricidad y resistencia al desgaste, su resistencia a la tensión relativamente hace que no se utilice donde están presentes grandes cargas a la flexión o a la fatiga, aunque en ocasiones se utiliza en cigüeñales de motores de bajo costo. Si esta lubricada, funciona razonablemente bien en contacto con el acero.

3.2.3 Hierro de fundición maleable

Tiene una resistencia a la tensión mas elevada que el hierro de fundición gris, pero no se desgasta igual de bien. El punto de fluencia a la tensión puede ir desde 50 hasta 120 Kpsi (345 a 827 MPa), dependiendo de la formula. Se utiliza en piezas donde estén presentes esfuerzos a la flexión.

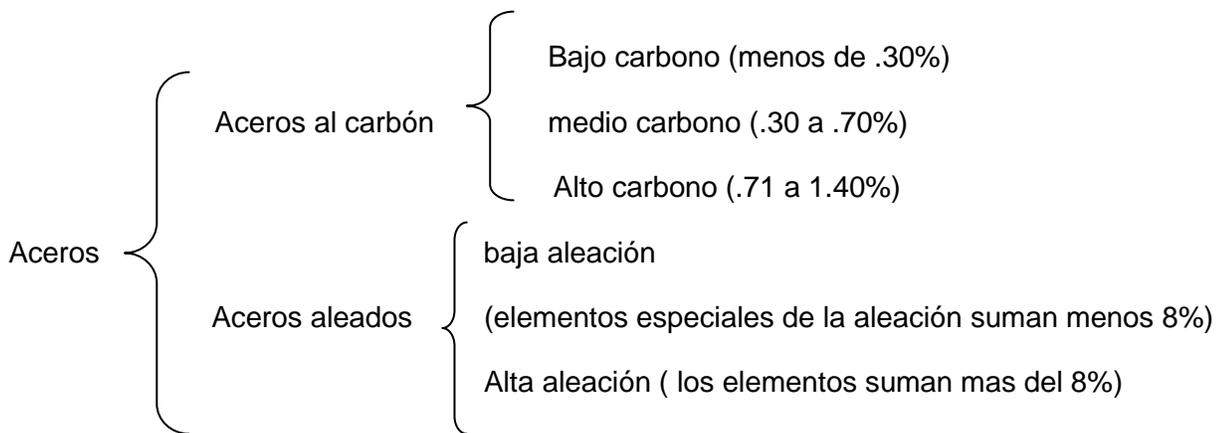
3.2.4 Hierro de fundición nodular (dúctil)

Tiene el punto de fluencia a la tensión mas elevado de todos los hierros fundidos, desde 70 hasta 135 Kpsi. El nombre nodular proviene del hecho que sus partículas de grafito son de forma esferoidal. La fundición de hierro dúctil tiene un modulo de elasticidad superior a unos 25Mpsi al hierro de fundición gris, y exhibe una curva lineal esfuerzo-deformación. Es mas tenaz, mas resistente, mas ductil y menos poroso que el hierro de fundición gris. Se trata del hierro fundido de elección para piezas sujetas a cargas por fatiga, como cigüeñales, pistones y levas

3.3 Aceros

El acero es una aleación cristalizada de hierro, carbono y otros varios elementos, que endurece cuando se enfría bruscamente después de estar arriba de su temperatura crítica, no contiene escoria y se puede moldear laminar o forjar. El carbono es un constituyente muy importante, por su habilidad para aumentar la dureza y la resistencia del acero.

El acero se clasifica de acuerdo con los elementos de aleación que contiene, el carbono es el elemento más importante por esta razón todos los aceros se clasifican de acuerdo al contenido de carbono. Se clasifican en 10xx, donde los dos primeros dígitos se refieren que son aceros al carbono el tercer y cuarto dígito se refieren al contenido de carbono en centésimas de porcentaje, por ejemplo un acero 1035 es un acero al carbono con .035% de carbono.



3.3.1 Aceros fundidos

El acero fundido es similar al acero forjado, en lo que respecta a su contenido químico es decir, tiene mucho menos carbono que el hierro fundido. Las propiedades mecánicas del acero fundido son superiores a las del hierro fundido, pero inferiores a las del acero forjado. Su ventaja principal es su facilidad de fabricación por fundición en arena o a la cera perdida. El acero fundido se clasifica de acuerdo a su contenido de carbono, en: de bajo carbono ($\leq 0.2\%$), de medio carbono (de .02-0.5%) y de alto carbono ($\geq 0.5\%$). También se fabrican aceros fundidos de aleación que contienen otros elementos para obtener una resistencia térmica elevada. Las resistencias a la tensión de las aleaciones de acero fundido van desde aproximadamente 65 a 200 Kpsi (450 a 1380 Mpa).

3.3.2 Aceros forjados

El término "forjado" se refiere a todos los procesos que manipulan la forma del material sin fundirlo. El rolado (laminado entre los rodillos) en caliente y en frío son los dos métodos mas común aunque con muchas variables, como el trefilado de alambre, el embutido profundo, la extrusión y el embutido en frío. El denominador común es la deformación liberada del material para cambiar su forma, ya sea la temperatura ambiente o a temperaturas elevadas.

3.3.3 Acero rolado o laminado en caliente

Se produce al obligar a lingotes calientes de acero a pasar por un conjunto de rodillos o troqueles que progresivamente modifican su forma, hasta convertirlos en vigas en I, canales, angulos, planos, cuadrados, redondos, tubos, hojas, placas etc.

El acabado superficial de las formas laminadas en caliente es áspero debido a la oxidación a temperaturas elevadas. Las propiedades mecánicas son también relativamente bajas, porque el material termina en un estado recocido o normalizado, a menos que deliberadamente se les de un tratamiento térmico posterior.

Son la elección típica para miembros de acero estructural de bajo carbono utilizados en la construcción de edificios o en los bastidores de las maquinas. El material laminado en caliente también se emplea en piezas de maquinas que estarán sujetas al maquinado extenso (engranes, levas, etcétera) donde el tratamiento inicial de materia prima no es importante y lo que se desea es uniformidad de propiedades de un material no trabajado en frio, previo a un tratamiento térmico planeado. En forma de rolados o laminados en caliente hay disponible una amplia variedad de aleaciones y de contenido de carbono.

3.3.4 Acero rolado o laminado en frio

Se produce a partir de lingotes o de formas laminadas en caliente. La forma es llevada a su dimensión final haciéndola pasar entre rodillos de acero endurecido o trefilándola a través de los a temperatura ambiente.

Los rodillos o dados pulen la superficie de trabajo en frio el material, incrementando su resistencia y reduciendo su ductilidad como se describió antes en la sección sobre conformado y endurecimiento mecánico. El resultado es un material con buen terminado superficial y dimensiones precisas, en comparación a materiales rolados en caliente. Su resistencia y dureza se han incrementado a expensas de incorporar esfuerzos significativos, que posteriormente se eliminan durante el maquinado, la soldadura o un tratamiento térmico, causando entonces distorsión. Las formas roladas en frio disponibles de manera mas común son laminas. Tiras, placas, barras redondas y rectangulares, tubos etc. Ciertas formas estructurales como las vigas en perfil I son solo roladas en caliente.

3.3.5 Acero básico al carbono

Se designa por un primer digito de valor 1 y un segundo digito de valor 0, ya que no contiene ninguna otra aleación además del carbono presente. Los aceros al bajo carbono son los numerados AISI 1005 al 1030, los de medio carbono del 1035 al 1055 y los de alto carbono del 1060 al 1095. La serie AISI 11xx agrega azufre, principalmente para mejorar su maquinabilidad. Estos se conocen como aceros de corte libre y no se consideran de aleación, ya que el azufre no mejora las propiedades mecánicas y lo hace frágil. La resistencia máxima ala tensión del acero básico al carbono puede variar desde 60 hasta 150 Kpsi dependiendo del tratamiento térmico.

3.3.6 Aceros de aleación

Tienen agregados varios elementos en pequeña cantidad, para mejorar resistencia, dureza, corrosión y otras propiedades. Con estos elementos de aleación se puede combinar cualquier nivel de carbono. Se agrega cromo para mejorar la resistencia a la ductilidad, a la tenacidad, la resistencia al desgaste y la capacidad de endurecimiento por cementación. El molibdeno, utilizado en combinación con el níquel y/o cromo, añade dureza, reduce la fragilidad e incrementa la tenacidad. La resistencia máxima a la tensión de los aceros aleados puede variar desde los 80 hasta los 300 Kpsi (500 a 2070 Mpa.), dependiendo de los elementos de aleación y del tratamiento térmico.

3.3.7 Aceros para grado herramienta

Son aceros aleados al medio y alto carbono, formulados especialmente para conseguir una alta dureza en combinación con resistencia al desgaste y tenacidad suficiente para resistir las cargas de choque experimentadas durante su servicio como herramientas de corte. Hay una muy amplia diversidad de aceros grado herramienta disponible en las tablas de los fabricantes.

3.4 Sistema de numeración de los aceros

Hay varios sistemas de numeración de aceros en uso ASTM, AISI y SAE han elaborado códigos para definir los elementos de la aleación y el contenido de carbono de los aceros. La tabla que se muestra a continuación muestra algunas de las designaciones AISI/SAE para aleaciones de acero de uso común. Los primeros dos dígitos indican los elementos de la aleación principales; los dos últimos indican la cantidad de carbono presente, expresada en centésimas de porcentaje.

ASTM y SAE han elaborado un sistema unificado de numeración para todas las aleaciones metálicas, con el prefijo UNS seguido por una letra y un número de 5 dígitos. La letra define la clase de aleación F para hierro fundido, G para carbono y aceros de baja aleación, K para aceros de uso especial,

S para acero inoxidable y T para aceros grado herramienta.

En la serie G, los números son iguales a la designación AISI/SAE de la tabla con la adición de un cero al final. Por ejemplo el SAE 4340 se convierte en UNS G4340

Designaciones AISI/SAE de aleaciones de acero (lista parcial consulte fabricantes)

TIPO	Serie AISI/SAE	Elementos principales de aleación
Aceros al carbono		
Basico	10xx	Carbono
Libre corte	11xx	Carbono mas azufre (re-azufrado)
Aceros aleados		
Manganeso	13xx	1.75% de manganeso
	15xx	1.00% a 1.65% de manganeso
Niquel	23xx	3.50% de níquel
	25xx	5.00% de níquel
Niquel-cromo	31xx	1.25% de níquel y 0.65 o 0.80% cromo
	33xx	3.50% de níquel y 1.55% de cromo
Molibdeno	40xx	0.25% de molibdeno
	44xx	0.40 o 0.52% molibdeno
Cromo-molibdeno	41xx	0.95% de cromo y 0.20% de molibdeno
Niquel-cromo-molibdeno	43xx	1.82% de níquel, 0.50 o 0.80% de cromo y 0.25% de molibdeno
	47xx	1.45% de níquel, 0.45% cromo y 0.20 o 0.35% de molibdeno
Niquel-molibdeno	46xx	0.82 o 1.82% de níquel 0.25% molibdeno
	48xx	3.50% de níquel y 0.25% molibdeno
Cromo	50xx	0.27 a 0.65% de cromo
	51xx	0.80 a 1.05% de cromo
	52xx	1.45% de cromo
Cromo-vanadio	61xx	0.60 a 0.95% de cromo y 0.10 a 0.15% de vanadio mínimo

3.5 Aceros inoxidables

Son aceros aleados que contienen por lo menos 10% de cromo y ofrecen una mayor resistencia a la corrosión en comparación con los aceros básicos o aleados, aunque su nombre no deberá tomarse muy a la letra. Los aceros se mancharán y corroerán (muy lentamente) en entornos muy agresivos, como el agua de mar. Algunas aleaciones de acero inoxidable tienen una mejor resistencia a altas temperaturas.

Hay cuatro tipos de aceros inoxidables: el martensítico, el ferrítico, el austenítico y el de endurecimiento por precipitación.

Todos los aceros inoxidables verdaderos contienen un mínimo de aproximadamente 11% Cr. Lo que permite la formación de una delgada capa superficial de óxido de cromo cuando el acero queda expuesto al oxígeno. El cromo es el elemento que hace que los aceros inoxidables sean inoxidables. El cromo también es un elemento estabilizador de la ferrita. El cromo hace que se contraiga la región de la austenita, en tanto que la región de la ferrita aumenta de tamaño. En las composiciones de bajo carbono y alto cromo, la ferrita se encuentra presente como una sola fase hasta la temperatura sólida. Existen varias clases de aceros inoxidables en función de la estructura cristalina y del mecanismo de endurecimiento.

3.5.1 Acero inoxidable martensítico

El acero inoxidable martensítico contiene 11.5% a 15% de cromo y de 0.15 a 1.2% de carbono; es magnético y puede endurecerse por tratamiento térmico, siendo de uso común en cuchillería.

Tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%. Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431 Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

3.5.2 Aceros inoxidables ferríticos. Los aceros inoxidables ferríticos contienen hasta un 30%Cr y menos de 0.12%C. Debido a la estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC, por sus siglas en inglés), los aceros inoxidables ferríticos tienen buena resistencia y una ductibilidad moderada, derivadas del endurecimiento por solución sólida y del endurecimiento por deformación. Los aceros inoxidables ferríticos son magnéticos; no es posible tratarlos térmicamente; tienen una resistencia excelente a la corrosión, una capacidad moderada y son relativamente económicos.

3.5.3 Aceros inoxidables martensíticos. La martensita se reviene entonces para producir alta resistencia y dureza. El contenido de cromo por lo general es menor que 17%Cr; de lo contrario; el campo de austenita se ase tan pequeño que se requiere un control muy estricto tanto sobre la temperatura de austenitización como del contenido de carbono. Menores contenidos de cromo también permiten que el contenido de carbono varíe de aproximadamente 0.1% hasta 1.0%, lo que permite la producción de martensitas con diferentes durezas. La combinación de dureza, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión hace que estas aleaciones sean atractivas para aplicaciones como, por ejemplo, cuchillos de alta calidad, balines y válvulas.

3.5.4 Aceros inoxidables austeníticos. El níquel, que es un elemento estabilizador de la austenita, incrementa el tamaño del campo de la austenita y, al mismo tiempo, prácticamente elimina la ferrita de las aleaciones de hierro-cromo-carbono. Si el contenido de carbono queda por debajo de aproximadamente 0.03%, no se forman carburos y el acero está constituido virtualmente por austenita a la temperatura ambiente.

Los aceros inoxidables austeníticos son cúbicos centrados en las caras (FCC, por sus siglas en inglés) tienen excelente ductibilidad, formabilidad y resistencia a la corrosión. La resistencia se obtiene mediante un extenso endurecimiento por solución sólida. Los aceros inoxidables austeníticos pueden ser trabajados en frío para alcanzar mayores resistencias que los aceros inoxidables ferríticos. Estos no son magnéticos, lo que resulta una ventaja para muchas aplicaciones; por ejemplo, los stent cardiovasculares a menudo se fabrican a partir de aceros inoxidables. Desafortunadamente, los contenidos elevados de níquel y de cromo hacen que estas aleaciones sean costosas. La aleación 304 con 18% Cr y 8%Ni (también conocida como inoxidable 18-8) es el grado de acero inoxidable de más amplio uso. Aunque es inoxidable, esta aleación puede sufrir sensitización. Cuando se le calienta a una temperatura de 480-860°C, carburos de cromo se precipitan a lo largo de los bordes de grano en vez de en el interior de los mismos. Esto causa empobrecimiento en el contenido de cromo en el interior de los granos y hará que el acero inoxidable se corroa con mucha facilidad.

3.5.5 Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (PH). Estos aceros contienen Al, Nb o Ta y deben sus propiedades al endurecimiento por solución sólida, endurecimiento por deformación, endurecimiento por envejecimiento y a la reacción martensítica. El acero se calienta primero y se temple para inducir la transformación de austenita en martensita. Al recalentar, se permite que se formen precipitaciones como el Ni₃Al a partir de la martensita. Se obtienen propiedades mecánicas altas, incluso con aceros de bajo contenido de carbono.

3.5.6 Aceros inoxidables dúplex. En algunos casos, en la estructura del acero inoxidable se introducen deliberadamente mezclas de fases. Mediante un control apropiado de la composición y del tratamiento térmico, se puede producir un acero inoxidable dúplex, que contiene aproximadamente 50% de ferrita y 50% de austenita. Esta combinación proporciona un conjunto de propiedades mecánicas de resistencia a la corrosión, de formabilidad y soldabilidad que no se obtiene con ningún otro de los aceros inoxidables normales. La mayoría de los aceros inoxidables son reciclables.

PROPIEDADES MECANICAS DE ALGUNAS ALEACIONES DE ACERO INOXIDABLE

Aleación de acero inoxidable	Estado	Limite elástico a la tensión (convencional 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o Rockwell
		Kpsi	Mpa	Kpsi	Mpa		
Tipo 301	Recocido en tira	40	276	110	758	60	85HRB
	Laminado en frio	165	1138	200	1379	8	41HRC
Tipo 302	Recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
	Laminado en frio	165	1138	190	1310	5	40HRC
Tipo 304	Recocido en hojas	35	241	85	586	50	80HRB
	Laminado en frio	160	1103	185	1276	4	40HRC
Tipo 314	Laminado en barra	50	345	100	689	45	180HB
Tipo 316	Recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
Tipo 330	Laminado n caliente	55	379	100	689	35	200HB
	Recocido	35	241	80	552	50	150HB
Tipo 410	Recocido en hoja	45	310	70	483	25	80HRB
	Tratamiento térmico	140	965	180	1241	15	39HRC
Tipo 420	Recocido en barra	50	345	95	655	25	92HRB
	Tratamiento térmico	195	1344	230	1586	8	500HB
Tipo 431	Recocido en barra	95	655	125	862	25	260HB
	Tratamiento térmico	150	1034	195	1344	15	400HB
Tipo 440C	Recocido en barra	65	448	110	758	14	230HB
	Templado revenido 600°F	275	1896	285	1965	2	57HRC
17-4 PH (AISI 630)	Endurecido	185	1276	200	1379	14	44HRC
17-7 PH (AISI 631)	Endurecido	220	1517	235	1620	6	48HRC

3.5.7 LAMINA DE ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidable son aleaciones (mezcla) a base de hierro, cromo, carbono y otros elementos principalmente níquel, molibdeno, manganeso, silicio, titanio, etc. Que les confieren una resistencia particular a algunos tipos de corrosión.

El Acero Inoxidable es utilizado en distintos sectores de la industria tales como: de la refrigeración, utensilios de cocina, blindajes, amueblamiento urbano, fachadas de edificios, obras de arte, alimenticia, tanques entre otros. Dentro de los beneficios del Acero Inoxidable se encuentran: Alta resistencia a la corrosión, impermeabilidad, durabilidad. Además por su belleza es utilizado en acabados.



3.6 ALUMINIO

El aluminio es el metal no ferroso de mas amplio uso, apenas en el segundo lugar, detrás del acero, en el consumo mundial. El aluminio se produce tanto en su “forma pura” como en aleación. El aluminio está disponible comercialmente hasta con un 99.8% de pureza. Los elementos de aleación más comunes son el cobre, el silicio, el magnesio, el manganeso y el zinc, en diversas cantidades, hasta alrededor de 5%. Las ventajas principales del aluminio son su baja densidad, su buena relación resistencia peso (SWR), su ductilidad, su excelente maquinabilidad, su capacidad de fundición y de soldadura, su resistencia a la corrosión, alta conductividad y costo razonable. En comparación con el acero, tiene un tercio de la densidad (0.10 lb/in³ comparado con 0.28 lb/in³), alrededor de la tercera parte de su rigidez (E= 10.3 Mpsi {71 Gpa} en comparación con 30;psi {207 Gpa}), y es menos resistente. Si se comparan las resistencias del acero al bajo carbón y del aluminio puro. El acero es aproximadamente tres veces mas resistente. Por lo que en esta comparación su resistencia especifica es casi igual. Sin embargo, en aplicaciones de ingeniería es rara vez que se utilice aluminio puro. Es demasiado blando y débil. Las principales ventajas del aluminio puro son su terminado brillante y su elevada resistencia a la corrosión. Su uso principal es en aplicaciones de tipo decorativo. Las aleaciones de aluminio tienen resistencias mucho muy superiores al aluminio puro y se utilizan ampliamente en ingeniería, siendo los usuarios mas importantes la industria aeronaval y la automovilística. Las aleaciones de aluminio de resistencia superior tienen resistencias a la tensión en el rango de los 70 a los 90Kpsi(480 a 620 Mpa) y

resistencias o límites elásticos de casi el doble del acero dulce. En su resistencia específica pueden compararse favorablemente con aceros al medio carbono. En algunas aplicaciones el aluminio compite con éxito con el acero, aunque donde se requiera alta resistencia pocos materiales le ganan al acero.

Algunas aleaciones de aluminio se endurecen por tratamiento térmico, y otras por deformación, por precipitación y por envejecimiento. Las aleaciones de aluminio de alta resistencia son alrededor de 1.5 veces más duras que el acero dulce y tratamientos superficiales, como el anodizado duro pueden llevar a la superficie a una dureza superior a los aceros más duros.

El aluminio es de los materiales de ingeniería de maquinabilidad más sencilla, aunque al ser trabajado tiene tendencia a endurecerse. Se vacía, maquina, suelda y conforma en caliente y en frío de manera sencilla. También puede ser extruido. Las aleaciones se formulan especialmente para fundición tanto arena como en troquel, así como para formas, forjados, extruidos y comprimidos.

ALEACIONES DE ALUMINIO FORJADO Están disponibles en una amplia gama de formas normales como vigas en I, ángulos, canales, barras, cinta, hojas o laminas, redondos y tubos. La extrusión también permite la formación de normas especiales poco costosas. La dureza queda indicada por un sufijo, que contiene una letra y hasta 3 números. Las aleaciones de aluminio más comúnmente disponibles y de mayor uso en aplicaciones de diseño de máquinas son la serie 2000 y la 6000.

La aleación de aluminio más antigua es el 2024, que contiene 4.5% de cobre, 1.5% de magnesio y 0.8% de manganeso. Es de las más maquinables entre todas las aleaciones de aluminio, y es térmicamente tratable. En los temple más altos, como el -T3 y el -T4 hay una resistencia a la tensión que se acerca a 70Kpsi, lo que también lo clasifica como una de las aleaciones de aluminio más resistentes. También tiene una alta resistencia a la fatiga. No obstante en comparación con otras aleaciones de aluminio, soldabilidad y confortabilidad son bajas.

La aleación 6061 contiene 0.6% de silicio, 0.27% de cobre, 1.0% de manganeso y 0.2% de cromo. Es de amplio uso en aplicaciones estructurales debido a su factibilidad para aceptar soldadura. Su resistencia es de aproximadamente 40 a 45 Kpsi, en sus temple más elevados. Tiene una resistencia a la fatiga menor a la del aluminio 2024. Es fácilmente maquinable y es una aleación popular para extrusión por proceso de formado en caliente.

La serie 7000 se conoce como aluminio para aviones y se utiliza principalmente en fuselajes. Esta serie comprende las aleaciones más resistentes del aluminio, con límite elástico de hasta 98Kpsi y una más elevada resistencia a la fatiga de aproximadamente 22Kpsi. Algunas aleaciones también están disponibles en forma de alclad, que consiste en una capa delgada de aluminio puro que recubre uno o ambos cátodos, a fin de mejorar su resistencia a la corrosión.

FUNDICIONES DE ALEACION DE ALUMINIO Tienen fórmulas diferentes a las aleaciones forjadas. Algunas de ellas son endurecibles, pero su resistencia y ductibilidad es menor a la de las correspondencias a aleaciones de forja. Estas aleaciones están disponibles, para la fundición con molde a presión o fundición a la cera perdida.

3.7 PLASTICOS

Materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho(hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

3.7.1 Nylamid PA (Poliamidas Estándar y Mejoradas)

Familia de las poliamidas (PA) nylon. Su combinación de propiedades mecánicas y eléctricas, su resistencia a la abrasión, ligereza (su peso es 1/7 del peso del bronce), facilidad de maquinado y amplia disponibilidad de presentaciones y medidas, han hecho del Nylamid, el material ideal para la fabricación de diversas piezas; desde pequeños bujes, engranes, cojinetes, rodillos, ruedas y tornillos, hasta grandes coronas de engrane, de casi 2 metros de diámetro, usando las mismas maquinas y herramientas que se usan para el maquinado de metales.

Por su variedad de opciones, han satisfecho múltiples necesidades en el diseño de equipo original y también en la sustitución de materiales tan tradicionales como el bronce y el acero, aplicándolos en diversas maquinas de casi todos los sectores industriales, tales como; alimenticio, siderúrgico, naval, papelerero, metalmecánico, etc.

Con el uso de estos materiales, se ha logrado obtener mayor rendimiento de las refacciones, eliminar problemas de corrosión y daño a otros componentes en contacto y reducir: la frecuencia de paros por mantenimiento, el consumo de energía eléctrica y lubricación así como el nivel de ruido, contribuyendo en la reducción de costos.

Primera alternativa para todo tipo de componentes de desgaste y estructurales

- Gran resistencia al desgaste
- Buenas propiedades mecánicas y eléctricas
- Balance ideal de resistencia y tenacidad
- Variedad de opciones: Normatividad higiénica, auto lubricación, resistencia térmica.
- El más amplio rango de presentaciones y medidas disponibles

3.7.2 Nylamid XL

Auto-lubricado con aceite, permite el suave deslizamiento de los componentes con los que este en contacto, sus propiedades, resistencia térmica 93°C y disponibilidad, son prácticamente iguales a las de los anteriores, pero su nivel de absorción de humedad es menor.

3.7.3 Nylamid 901

Su estabilidad térmica permite que su rigidez se conserve por mayor tiempo a temperaturas hasta de 127°C favoreciendo la operación de las piezas sometidas a condiciones más severas de calor.

3.7.4 Nylamid 6/6

Es el más rígido de los Nylamid no modificados, su resistencia térmica es de 99°C, esta disponible en barras de 96" de largo, que facilitan la producción automática de piezas, con una mejor automatización del material y en placas de 24" x 48", cumple con normatividades higiénicas de varios organismos internacionales: FDA, USDA, NSF y 3-A Dairy.

3.7.5 Nylamid 6/6 SL

Similar en propiedades, presentaciones y medidas al Nylamid® 6/6 pero su contenido de Di sulfuro de Molibdeno (MoS₂) ayuda a reducir o eliminar el consumo de lubricantes. Su resistencia térmica es de 104°C.

3.7.6 Nylamid GSM

Contiene partículas de disulfuro de molibdeno finamente divididas para mejorar su capacidad de carga como cojinete, mientras mantiene su resistencia al impacto inherente al Nylamid®. Su resistencia térmica es de 93°C.

3.7.7 Nylamid NSM

Es el mejor producto de nylon disponible en la actualidad para cojinetes y piezas sometidas a desgaste. Es producido por con una formulación de nylon 6 de nuestra propiedad, con el proceso Monocast® de Quadrant. El aditivo de lubricante sólido imparte autolubricidad, alta capacidad de Presión-Velocidad y características superiores de resistencia al desgaste.

El Nylamid NSM fue desarrollado específicamente para aplicaciones demandantes donde se requieren grandes piezas. Es ideal para cojinetes, engranes y placas de desgaste. En aplicaciones de desgaste, el Nylamid® NSM dura hasta 10 veces más que los nylon 6 estándar. Su resistencia térmica es de 93°C.

3.7.8 Nylamid 703XL

Esta poliamida 6 grado cojinete de ultra alto desempeño provee una resistencia al desgaste cercana a los niveles del Nylamid® NSM con superior capacidad de carga como cojinete y un nivel del efecto "stick-slip" cercano a cero. Esta eliminación de rechinado, provee un extraordinario control, en aplicaciones de alta precisión. Su resistencia térmica es de 93°C.

3.7.9 Nylamid LFG

Se desempeña como el Nylamid® LIG y además cumple con la normatividad FDA para aplicaciones donde es posible el contacto con alimentos. Ahora los usuarios de equipos de empaquetado y procesamiento de alimentos, pueden beneficiarse con este producto. Su resistencia térmica es de 104°C.

3.7.10 Nylamid LIG

Combina la tenacidad del Nylamid® tradicional fabricado por vaciado con un lubricante a base de aceite, que es encapsulado con el Nylamid® desde su origen. Esto incrementa su desempeño bajo carga al compararse con el Nylamid® M, y reduce el coeficiente de fricción. Es el material

Es utilizado por su alta resiliencia, es ideal para el suajado (corte) industrial de diferentes materiales; textiles, cuero, piel, cartón, sintéticos, etc.



CAPITULO IV

DISEÑO DE REDUCTOR DE VELOCIDAD DE MAQUINA

4.1 Introducción

Casi toda la maquinaria rotatoria esta dotada de flechas de transmisión o simplemente flechas, con el fin de transferir movimiento y par de torsión rotatorios de un sitio a otro, por lo general una flecha transmite a la maquina al menos par de torsión a donde este acoplada. En algunos casos las flechas además de transmitir potencia servirán de soporte para engranes, poleas, ruedas dentadas, mismas que transmiten el movimiento rotatorio a otra flecha o demás elementos.

4.2 Cargas en flechas

Las cargas en flechas de transmisión rotatoria son principalmente de torsión debido al par transmitido y de flexión proveniente de cargas transversales de poleas, engranes, chumaceras etc. Estas cargas suelen estar combinadas ya que por ejemplo el par de torsión transmitido puede estar asociado con fuerzas en los dientes de engranes o ruedas dentadas que se encuentren montadas sobre las flechas. Si la flecha es estacionaria y las poleas engranes o ruedas dentadas giran con respecto a la flecha sobre los cojinetes, entonces se convierte en un elemento cargado estáticamente siempre que las cargas aplicadas sean uniformes a lo largo del tiempo, en esta caso la flecha no estará transmitiendo potencia a otros elementos y se puede diseñar como un eje de viga redonda.

El caso mas general de cargas sobre flechas es la combinación de un par de torsión fluctuante y de momento fluctuante, pero también se pueden presentar cargas axiales si el eje de la flecha es vertical o si incluye engranes helicoidales o tornillos sin fin con un componente de fuerza axial, a continuación se describen las formulas generales para el calculo de estos esfuerzos

Formula de la torsión

τ_{max} = esfuerzo cortante máximo T par de torsión J = momento polar de inercia
 c = radio exterior de la flecha

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

Formula de la flexión

σ_{max} = esfuerzo normal máximo M = momento I =momento de inercia
 c = distancia perpendicular del eje neutro al punto mas alejado de este

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

4.3 Diseño de flechas

En el diseño de flechas deben considerarse tanto los esfuerzos como las deflexiones. Las deflexiones suelen ser un factor crítico, ya que una deflexión excesiva puede causar un desgaste rápido de los cojinetes de la flecha, los engranes, las bandas o las cadenas impulsadas desde las flechas también llegan a sufrir desgaste por falta de alineación. Introducida por deflexiones en la flecha. Se debe de tomar en consideración que en una flecha los esfuerzos se pueden calcular localmente para diversos puntos a lo largo de ella con base en cargas conocidas y secciones transversales supuestas. Pero los cálculos de deflexión requieren el conocimiento y la definición de toda la geometría de la pieza; por tanto una flecha por lo regular se diseña primero con base en consideraciones de esfuerzos y una vez completamente definida la geometría a continuación se calculan las deflexiones, también pueden resultar crítica la razón de la frecuencia natural de la flecha tanto como a torsión como a flexión y el contenido de frecuencias de las funciones fuerza-tiempo y par de torsión-tiempo.

Si las funciones de fuerza son cercanas en frecuencia a las frecuencias naturales de la flecha, la resonancia podrá generar vibraciones, esfuerzos elevados y deflexiones elevadas.

Consideraciones generales para el diseño de flechas

- 1.- a fin de minimizar tanto deflexiones como esfuerzos, la longitud de la flecha debe mantenerse tan corta como sea posible, minimizando secciones en voladizo
- 2.- una viga en voladizo tendrá una mayor deflexión que una simplemente apoyada
- 3.- una flecha hueca tiene una razón mas elevada de rigidez/masa (rigidez especifica) y frecuencias naturales mas elevadas que una flecha solida de rigidez y resistencia comparables, aunque son mas costosas y de mayor diámetro.
- 4.- de ser posible trate de localizar elevadores de esfuerzo lejos de areas con grandes momentos a flexión y minimice su efecto con radios y salidas.
- 5.- si se desea minimizar la flexión en la flecha, entonces el material mas conveniente pudiera ser acero al bajo carbono, ya que su rigidez es tan alta como la de aceros mas costosos, y una flecha diseñada para bajas deflexiones tendrá la tendencia a estar sometida a esfuerzos reducidos.
- 6.- las deflexiones en los engranes montados sobre la flecha no deben exceder .127mm y la pendiente entre ellos debe de ser menor de .03°
- 7.- si estan presentes cargas de empuje axial, deberán ser transferidas a tierra a través de un solo cojinete de empuje por cada dirección de carga

9.- la primera frecuencia natural de la flecha deberá ser por lo menos tres veces mayor que la frecuencia de la fuerza mas alta esperada en servicio

4.4 Engranés cónicos

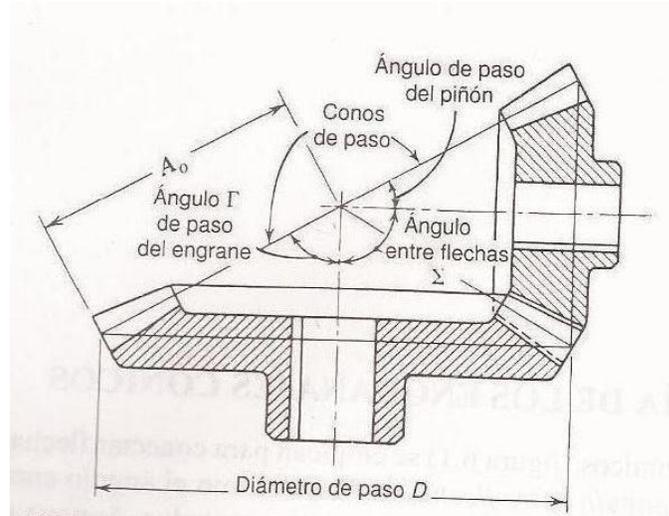
Los engranes cónicos se emplean para conectar flechas cuyos ejes se intersecan. El ángulo entre flechas se define como el ángulo entre las líneas de centros que contiene a los dientes que están acoplados. Aunque el ángulo entre flechas es generalmente de 90° , existen muchas aplicaciones de engranes cónicos que requieren ángulos entre flechas mayores o menores que el anterior.

La superficie de paso de un engrane cónico es un cono. Cuando se acoplan dos engranes cónicos, sus conos entran en contacto a lo largo de un elemento común y tienen un vértice común donde se intersecan las líneas de centros de las flechas. Los conos ruedan juntos sin deslizamiento y tienen movimiento esférico. Cada punto de un engrane cónico permanece a una distancia constante del vértice común. En la siguiente figura se muestra una sección axial de un par de engranes cónicos acoplados con sus flechas colocadas en ángulo recto. Debido a que los conos de paso ruedan juntos sin deslizamiento, la relación de velocidades angulares es inversamente proporcional a los diámetros de las bases de los conos.

Estos diámetros de los conos se convierten en los diámetros de paso de los engranes. La relación de velocidades angulares se puede expresar como

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{N_2}{N_1}$$





4.4.1 Engranajes cónicos de dientes rectos

Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto aunque no es el unico angulo pues puede variar dicho ángulo como por ejemplo 45, 60, 70, etc, por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90° . Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. En la actualidad se usan muy poco.

4.4.2 Engranaje cónico helicoidal

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. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Además pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado. Se mecanizan en fresadoras especiales.



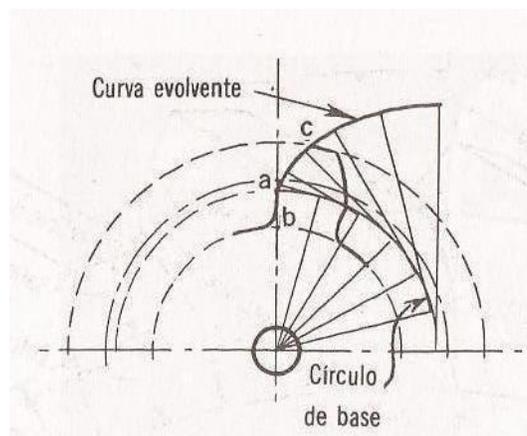
4.4.3 Engranaje cónico hipoide

Un engranaje hipoide es un grupo de engranajes cónicos helicoidales formados por un piñón reductor de pocos dientes y una rueda de muchos dientes, que se instala principalmente en los vehículos industriales que tienen la tracción en los ejes traseros. Tiene la ventaja de ser muy adecuado para las carrocerías de tipo bajo, ganando así mucha estabilidad el vehículo. Por otra parte la disposición helicoidal del dentado permite un mayor contacto de los dientes del piñón con los de la corona, obteniéndose mayor robustez en la transmisión. Su mecanizado es muy complicado y se utilizan para ello máquinas talladoras especiales



4.5 Nomenclatura de los engranes

El sistema de engranamiento que con más amplitud se usa en el mundo esta identificado con el sistema envolvente, en el cual el perfil de los dientes es una curva envolvente. Una envolvente es una curva generada a partir de una circunferencia llamada de base donde se cumple que la línea normal de cualquier punto de esta curva envolvente es tangente a dicha circunferencia de base. El método para generar una curva envolvente se muestra en la figura siguiente:



La porción de diente a partir de la circunferencia de base en a , hasta el diámetro de cabeza en c , es una curva envolvente y es la porción del diente donde sucede el contacto con el otro diente. Del punto b al punto a el perfil del diente es una línea radial que termina con un pequeño radio en el diámetro del pie. La ubicación de la circunferencia de base sobre la cual se describe la curva envolvente queda dentro de la circunferencia primitiva; esta circunferencia de base depende del ángulo de presión del diente del engrane.

La relación que existe entre los diámetros de la circunferencia primitiva y de la base es la siguiente:

$$D_b = D \cos\theta$$

Donde:

D_b = diámetro de la circunferencia de base

D =diámetro de la circunferencia primitiva

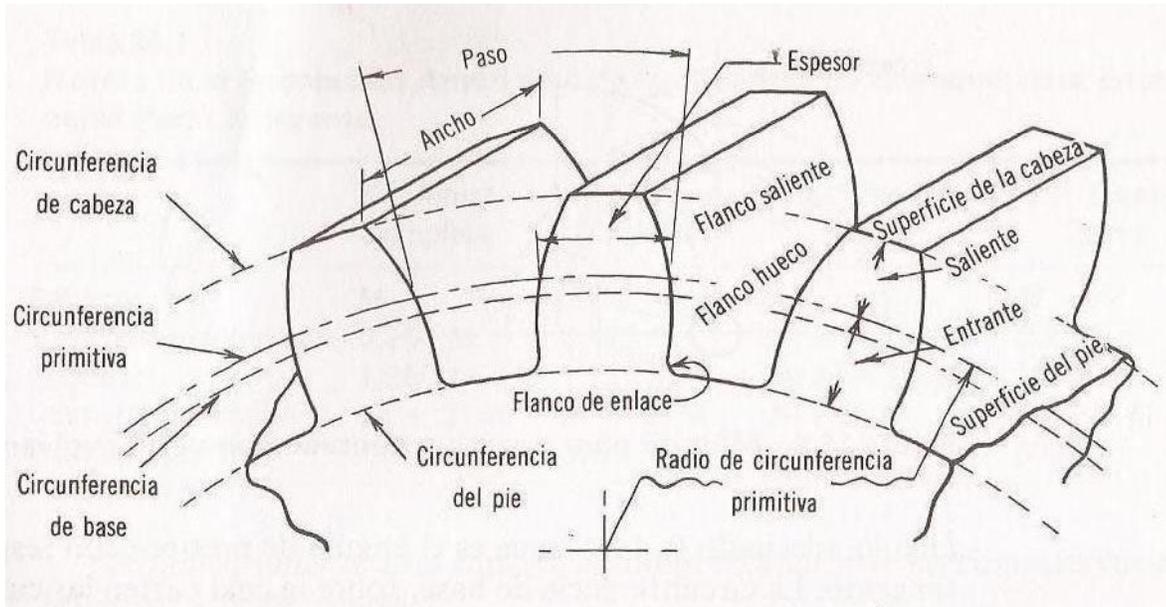
θ = ángulo de presión para los dos engranes

Los dos sistemas de ángulo de presión mas ampliamente usados son el de $14\frac{1}{2}$ y el de 20° . Se pueden emplear otros ángulos pero a medida que dicho ángulo aumenta la componente radial de la fuerza es más grande y los engranes tienden a separarse. Si se traza una tangente común a las circunferencias primitivas de dos engranes acoplados, la línea de acción se traza al ángulo adecuado (a $14\frac{1}{2}^\circ$ que es el ángulo de presión) con respecto a dicha tangente. La circunferencia de base, sobre la cual parten las curvas envolventes, es tangente a dicha línea de acción.

La mayoría de los engranes que transmiten potencia son de dientes a 20° de un ángulo de presión, altura completa y perfil envolvente, pero los de 20° resultan mas fuertes debido a que el espesor de su base es mas grande. Los llamados engranes de 20° , paso fino y perfil envolvente son similares a los llamados engranes de 20° , paso normal o bastos; los engranes se realizan con módulos dentro del rango de $\frac{1}{2}$ a 50 (el modulo es solamente para el sistema métrico).

Los engranes llamados de paso fino se usan principalmente para transmitir movimiento mas que para transmitir potencia. El dentado llamado corto tiene una altura de diente mas pequeña que la de un engrane de dientes de altura completa, pero resultan ser mas fuertes. Los engranes de perfil envolvente cumplen todas las leyes de engranamiento y tienen la ventaja sobre ruedas con otras formas de perfil en el hecho de que la acción del contacto no se ve afectada al ocurrir pequeñas variaciones en la distancia entre centros de los engranes conjugados.

La nomenclatura de un engrane de dientes rectos se muestra a continuación:



Las definiciones de las características geométricas principales de los engranes de perfil envolvente de $14\frac{1}{2}$ y 20° de ángulo de presión son:

La saliente es la distancia radial entre la circunferencia primitiva y el diámetro de cabeza. Numéricamente es igual al módulo.

La entrante es la distancia radial entre la circunferencia primitiva y la circunferencia de pie. Es igual a la saliente mas el juego en el pie del diente.

El espesor del diente es el espesor medido sobre la circunferencia primitiva.

El flanco saliente es la superficie es la superficie comprendida entre las circunferencias primitiva y la de cabeza.

El flanco hueco del diente es la es l superficie comprendida entre las circunferencias primitiva y la del pie.

El juego en el pie de diente es la distancia que se deja entre la cabeza de un diente y la superficie de pie del engrane conjugando a efecto de que no se efectúe contacto entre estas superficies durante su rodamiento.

NORMA DE LA ASOCIACION AMERICANA DE FABRICACION DE ENGRANES PARA ENGRANAJES PERFIL ENVOLVENTE

	20° ALTURA COMPLETA	4 ½° ALTURA COMPLETA	20° PASO FINO	20° DIENTE CORTO
SALIENTE	M	M	M	M
JUEGO EN EL PIE DE DIENTE	0.250 M	0.157 M	0.2 M + 0.002	0.2 M
ENTRANTE	1.250 M	1.157 M	1.2 M + 0.002	M
DIAMETRO DE CABEZA	(N + 2) M	(N + 2) M	(N + 2) M	(N + 1.6) M
DIAMETRO PRIMITIVO	NM	NM	NM	NM

4.5.1 Modulo (sistema métrico)

El modulo M, representa la relación entre el diámetro primitivo y el numero de dientes del engrane

$$M = \frac{\text{diametro primitivo}}{\text{numero de dientes}} = \frac{D}{N}$$

Donde M es el modulo, D es el diámetro de l circunferencia primitiva y N el numero de dientes. El paso, p, es la longitud del arco del circulo comprendido entre dos perfiles homólogos consecutivos. Numéricamente se expresa como:

$$p = \frac{\pi D}{N}$$

Donde D es el diámetro primitivo y N el numero de dientes. La relación entre el paso y el modulo es π . De aquí que conociendo, ya sea el modulo o ya sea el paso, podemos obtener la otra variable en función de π .

Todos los engranes y las herramientas para el tallado están normalizadas conforme al modulo, y este modulo puede expresarse en números enteros o fraccionarios. El paso es una distancia que se expresa en milímetros. Por ejemplo un engrane de modulo 4 tiene un diámetro primitivo en milímetros igual a 4 veces su numero de dientes. Esto es si el engrane tiene 16 dientes el diámetro primitivo es de 64mm. El diámetro de cabeza o diámetro exterior es igual al diámetro primitivo mas dos veces la saliente; para el ejemplo resulta $64 + 2(4) = 72\text{mm}$.

Cualquier engrane de perfil envolvente y de un modulo dado podrá engranar adecuadamente con otro engrane de numero de dientes diferentes pero del mismo modulo.

4.5.2 Engranés en sistema ingles

La altura del diente se define por la altura de cabeza y la altura de raíz, que están referidas al círculo del paso nominal. La altura de raíz es ligeramente mayor a la altura de la cabeza, a fin de incluir una pequeña holgura entre la punta del diente en acoplamiento (circulo de la cabeza) y la parte inferior del espacio del diente del otro circulo de la raíz. El espesor del diente se mide del circulo de paso al ancho espacio entre los diente es ligeramente superior al espesor del diente. La diferencia entre estado de dimensiones es el huelgo. El ancho de la cara del diente se mide a lo largo del eje del engrane.

El paso circular es la longitud de arco a lo largo de la circunferencia de paso, medido desde un punto en un diente hasta el mismo punto en el siguiente.

El paso circular define el tamaño del diente. La definición de paso circular p_c es:

$$p_c = \frac{\pi d}{N}$$

Donde d = diámetro de paso y N = numero de dientes. El paso del diente también se mide a lo largo de la circunferencia del circulo de base y se conoce como el paso de base p_b

$$P_b = p_c \cos \phi$$

Las unidades de p_c son pulgadas o milímetros. Una manera mas practica de definir el tamaño del diente es relacionándolo directamente con el diámetro d del circulo de paso, no con la circunferencia. El paso diametral p_d es

$$P_d = \frac{\pi}{p_c}$$

Paso diametral

$$P = \frac{N + 2}{O}$$

N = numero de dientes

O = diámetro exterior en pulgadas

4.6 Huelgo o juego

Un factor afectado al modificar la distancia entre centros C es el huelgo. Al incrementar C se aumentara el huelgo o viceversa. El huelgo se define como el espacio (holgura) entre dientes acoplados medido a lo largo de la circunferencia del circulo de paso. Las tolerancias de fabricación impiden un huelgo igual a cero, ya que no es posible que todos los dientes tengan exactamente las mismas dimensiones y todos deben acoplarse sin trabarse. Por lo que, debe existir alguna pequeña diferencia entre el espesor del diente y el ancho del espacio. Siempre que el engranaje se opere con un par de torsión no alternante, el huelgo no debería ser problema. Sin embargo siempre que el par de torsión cambie de signo, los dientes se saldrán de contacto y se moverán de un lado al otro; recorrerán la holgura del juego y los dientes golpetearan con ruido y vibración notables. Además de aumentar los esfuerzos y el desgaste, el huelgo en algunas aplicaciones llega a causar un error indeseable de posición.

4.7 Ajustes entre ejes y cavidades

Tolerancia (t para ejes, T para agujeros): es la variación máxima que puede tener la medida de la pieza. Viene dada por la diferencia entre las medidas limites, y coincide con la diferencia entre las desviaciones superior e inferior.

Se denomina ajuste a la diferencia entre las medidas antes del montaje de dos piezas que han de acoplar. Según la zona de tolerancia de la medida interior y exterior, el ajuste puede ser:

4.7.1 Ajuste con juego

En este tipo de ajuste existe movimiento entre el eje y la cavidad o viceversa, diferencia entre las medidas, antes de ensamblar, del agujero y del eje, cuando esta diferencia es positiva, es decir, cuando la medida del eje es inferior a la del agujero.

$$A = d_e - D_e < 0$$

4.7.2 Ajuste con apriete

Es la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del montaje, cuando esta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es mayor que la del agujero:

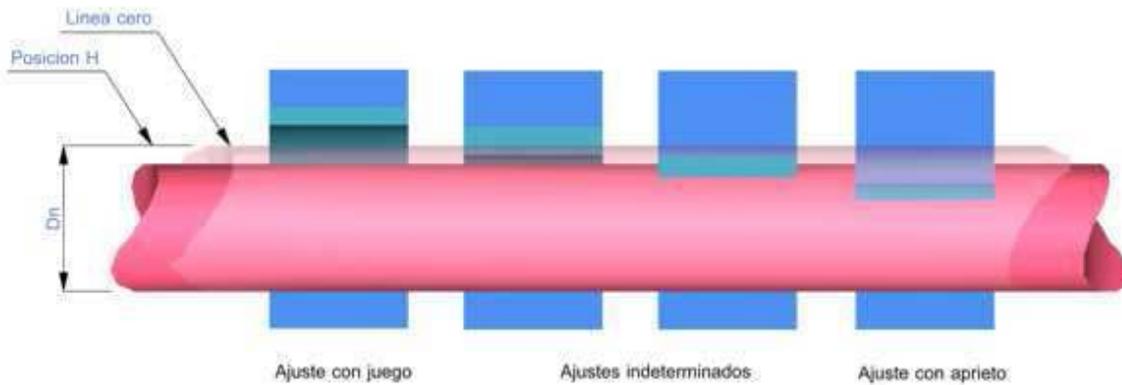
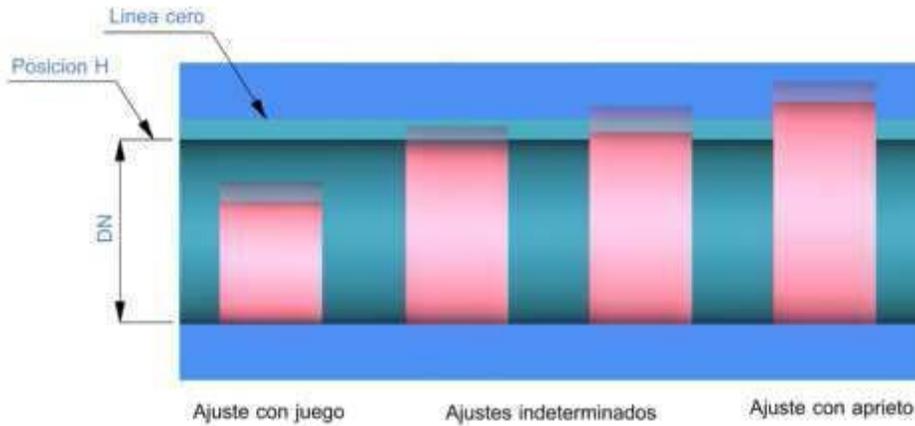
$$A = d_e - D_e > 0$$

D_e = diámetro de cavidad

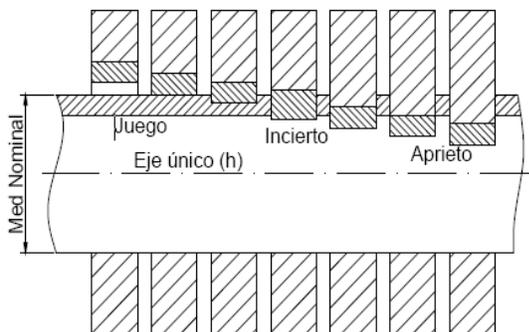
d_e = diámetro de eje

4.7.3 Ajuste indeterminado

Es el que puede dar juego o apriete según se conjuguen las medidas prácticas del agujero y eje de un ajuste.



Se establecerá un ajuste con juego para el ensamble de las flechas con los engranes del reductor de velocidad, y se fijaran mediante un sistema de cuñero y cuña del engrane a la flecha

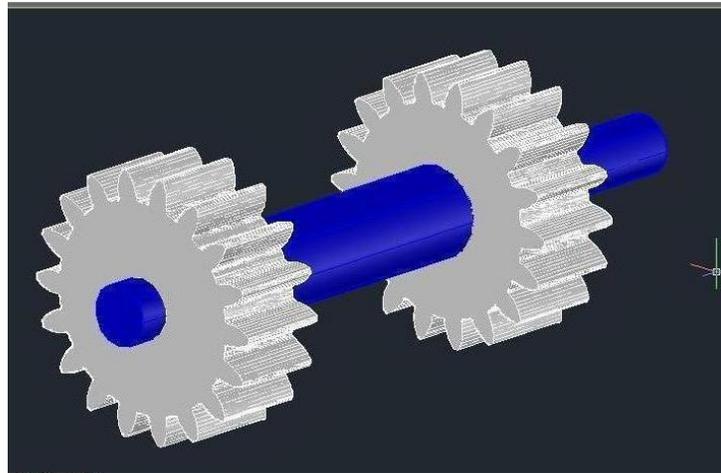


Sistema de ajuste de eje único

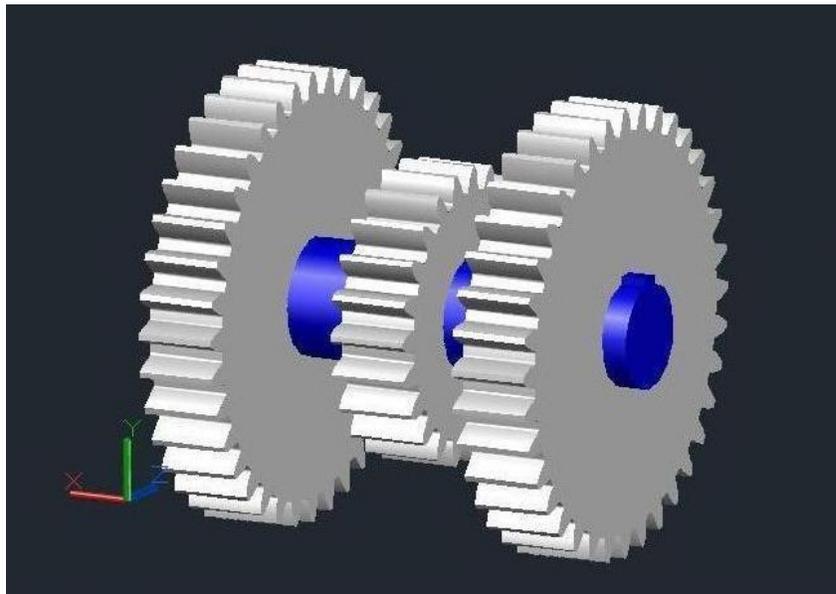
4.8 Despiece del tren de engranajes

Ya que la estandarización y uso del sistema métrico ha ido en auge en la actualidad la tendencia es que a nivel global se utilice este sistema, por esta razón se diseño el tren de engranes en dicho sistema por ende los engranes se encuentran dados en modulo y todos los diámetros en milímetros

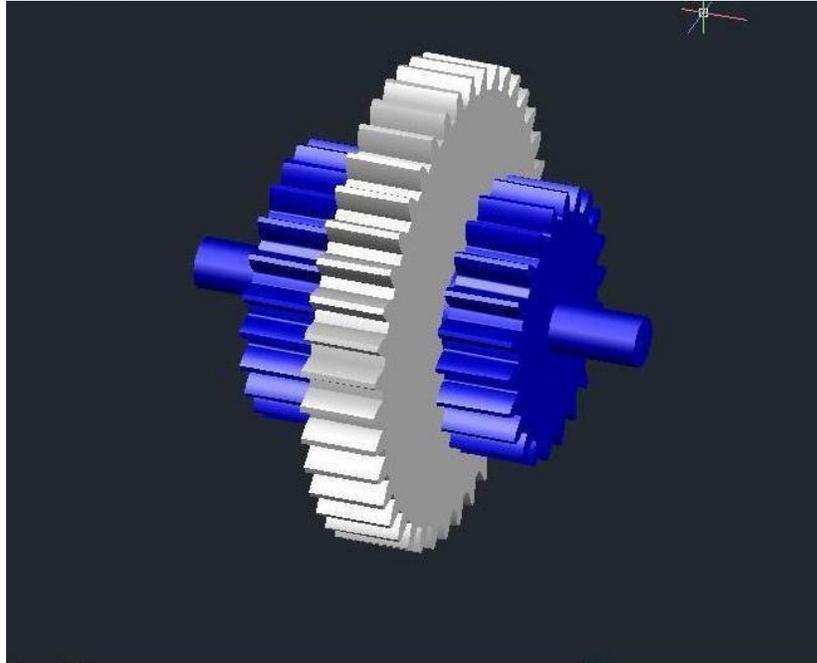
A continuación se muestra el “despiece” del tren de engranes por cada flecha.



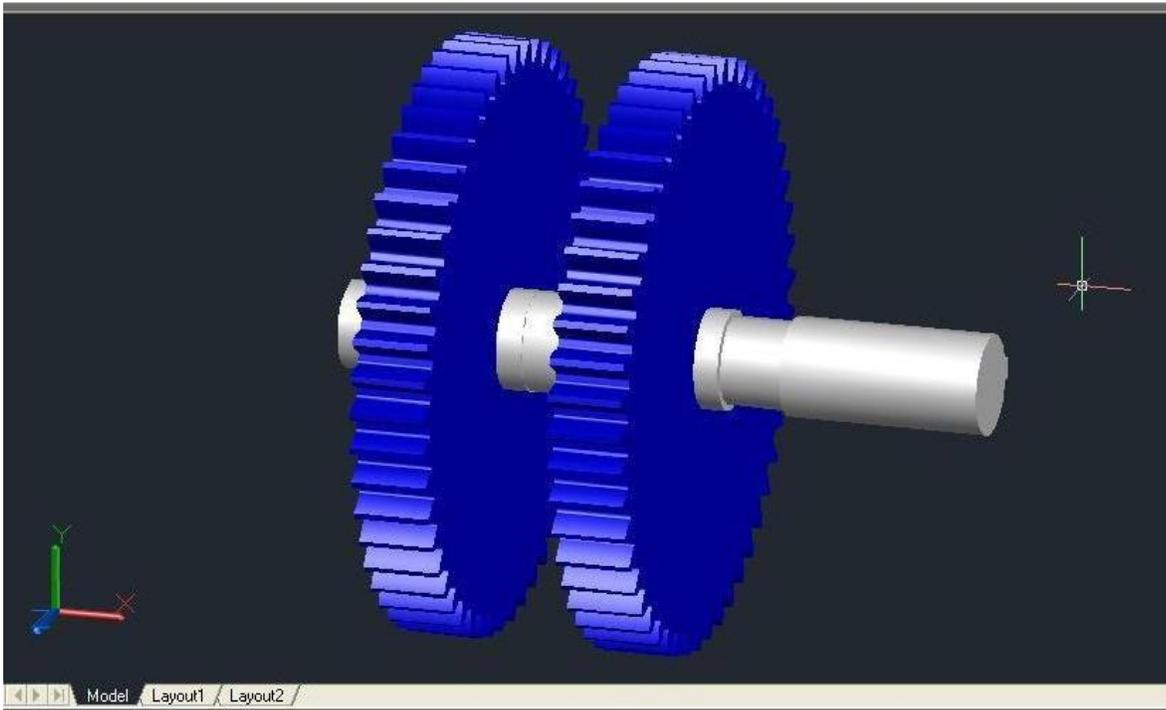
Flecha motriz esta recibe la potencia transmitida del motor atreves de una transmisión de poleas simple



Flecha donde se encuentran montados el engrane motriz3 con $N=23$ y el engrane movido $N_2= 36$



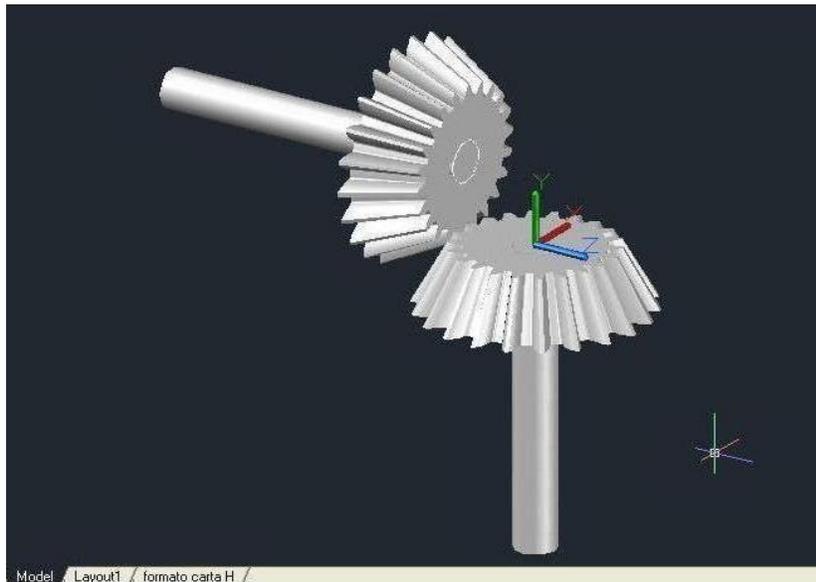
Flecha 3 con el engrane motriz $N5=25$ y engrane movido $N6=50$



Flecha de salida de potencia del reductor de velocidad, estará conectada al tornillo sin fin que realizara la extrusión de la masa $N6=50$

4.9 MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD A LAS ASPAS DE LA REVOLVEDORA

Para la transmisión del movimiento del tren de engranaje (reductor de velocidad) a las aspas de la revolvedora se propone acoplar una flecha que en uno de sus extremos lleve un engrane cónico al reductor de velocidad, a su vez el reductor de velocidad llevara acoplado otro engrane cónico el cual formara un ángulo de 90° con respecto a la flecha que estará montada dentro de la columna, esta flecha a su vez estará conectada en su otro extremo a un par de poleas que transmitirán la potencia y movimiento al eje de las aspas de la revolvedora.

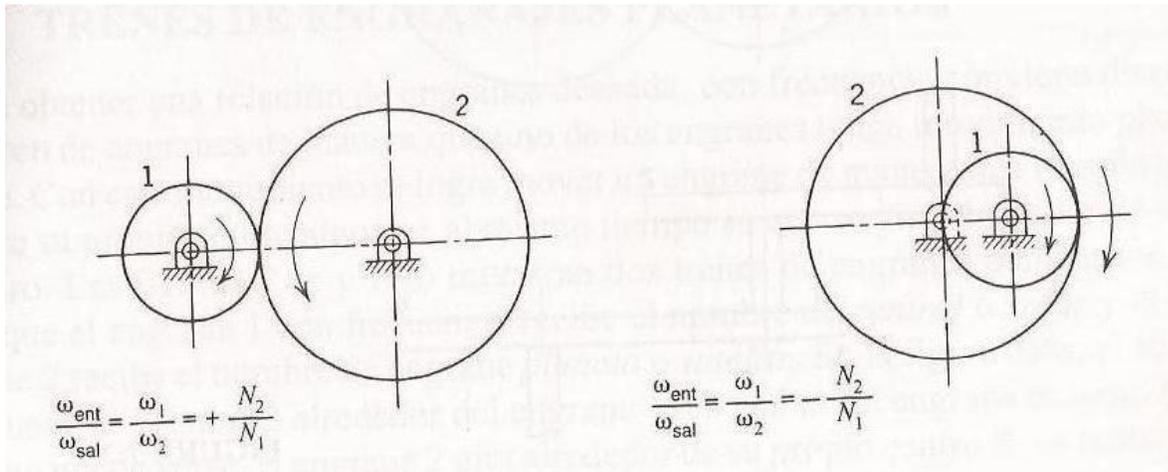


4.10 Trenes de engranes

Un tren de engranes es un sistema mecánico el cual consta de una combinación varios engranes para de esta forma obtener diferentes velocidades a la salida del sistema. Dada la velocidad angular de entrada de un tren de engranes, es importante poder determinar fácilmente la velocidad angular de salida y su dirección de rotación. La relación de la velocidad angular de entrada con respecto a la velocidad angular de salida se conoce como relación de velocidades angulares y se expresa como:

$$\omega_{ent}/\omega_{sal}$$

En la siguiente figura se muestra un piñón que mueve un engrane recto externo y un piñón que mueve un engrane recto interno.



En ambos casos, la relación de velocidades angulares es inversamente proporcional al número de dientes en la forma indicada. Los engranes externos giran en direcciones opuestas y los engranes internos giran en la misma dirección de su piñón

Esto se indica mediante un signo negativo en la relación de velocidades del primer caso y mediante un signo positivo en el segundo caso.

En ocasiones es necesario cambiar la dirección de rotación de un engrane sin cambiar su velocidad angular. Esto se puede hacer colocando un engrane loco entre el engranaje motriz y el engranaje movido (el engranaje loco es del mismo número de dientes que el engrane motriz y solo cumple la función de cambiar la dirección de giro). Cuando se emplea un engranaje loco la dirección de rotación cambia pero la relación de velocidades permanece igual.

Se puede demostrar que la relación de velocidades angulares de un tren de engranes en el que todos los engranes tienen ejes fijos de rotación es igual al producto de el número de dientes de todos los engranes movidos dividido entre el producto del número de dientes de todos los engranes motrices y se expresa de la siguiente manera:

$$\omega_e = \frac{\text{producto de engranes movidos}}{\text{producto de engranes motrices}}$$

$$\omega_s = \text{producto de engranes motrices}$$

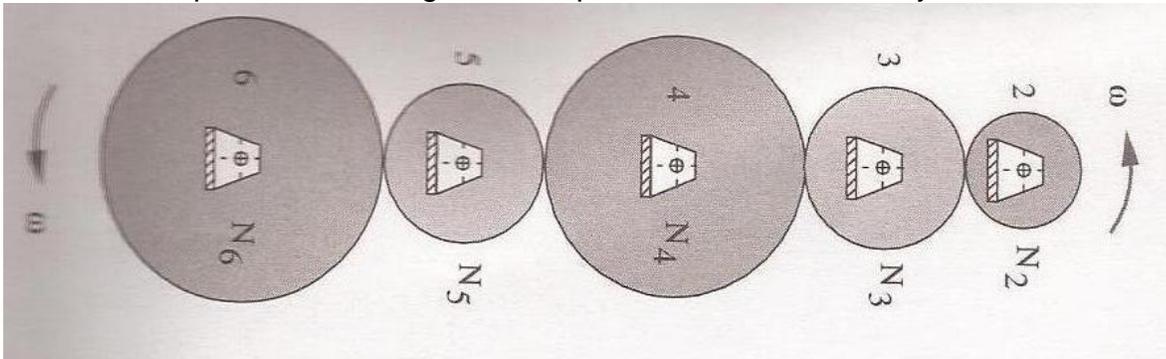
4.10.1 Trenes de engranes simples

Un tren de engranes simple es aquel en el que cada flecha solo lleva un engrane. Para cinco engranes en serie la ecuación siguiente muestra la expresan para la razón de la velocidad del tren:

$$Mv = \left(-\frac{N2}{N3}\right)\left(-\frac{N3}{N4}\right)\left(-\frac{N4}{N5}\right)\left(-\frac{N5}{N6}\right) = +\frac{N2}{N6}$$

Potencialmente cada engranaje contribuye a la razón general del tren, pero en el caso de un tren simple (en serie) los efectos numéricos de todos los, excepto el primero y el ultimo, se cancelan. La razón de un tren simple es siempre la razón entre el primer engrane y el ultimo. Solo se afecta el signo de la razón general del tren de engranes debido a los engranes intermediarios, que se conocen también como locos, porque no se toma potencia de sus flechas. Si todos los engranes en el tren son externos y en el hay un numero par de engranes, la dirección de la salida será la opuesta a la de la entrada. De haber un numero impar de engranes externos en el tren, la salida tendrá la misma dirección que la de la entrada. Así es posible destinar un engrane único externo loco de cualquier diámetro para modificar la dirección del engrane de salida, sin afectar la magnitud de su velocidad.

Es practica común insertar un solo engrane intermedio (loco) para cambiar de dirección, pero mas de un intermedio es superfluo. Hay poca justificación para diseñar como el de la figura siguiente, de ser necesario conectar dos flechas alejadas, se recurre a un tren simple con muchos engranes, pero esto para la misma aplicación, resultaría mucho mas costoso que una transmisión por cadena o banda. Si la necesidad es obtener una razón mayor del tren de la que se obtiene con un solo engranaje, de la ecuación descrita antes resulta claro que el tren de engranes simple no seria de mucha ayuda.



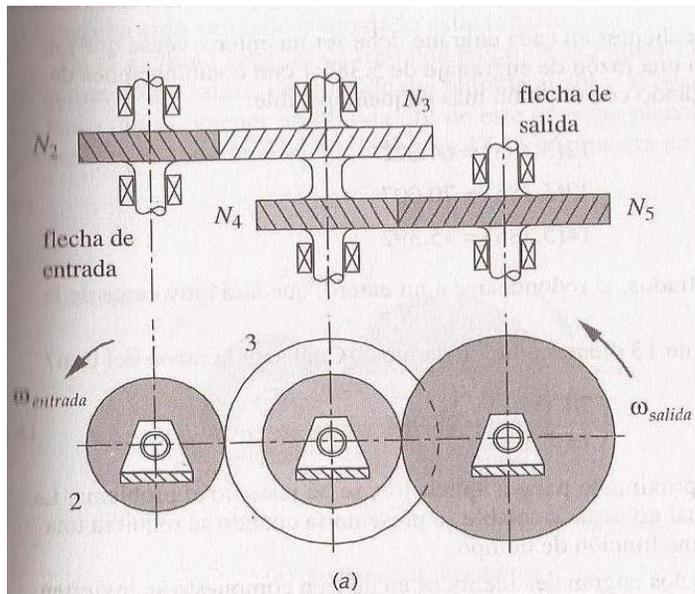
Tren de engranes simple ya que en cada eje solo esta montado un engrane y le transmite su potencia al engrane movido cambiando su velocidad angular de salida

4.10.2 Trenes de engranes compuestos

Para obtener una razón de tren superior cercana a 10:1 con engranes, es necesario complicar el tren (a menos que se utilice un tren epicíclico).

Un tren compuesto es aquel en el cual por lo menos una flecha lleva mas de un engrane. Esto puede corresponder a una disposición en paralelo o en serie paralelo, en vez de las puras conexiones en serie del tren de engranes simple.

En la siguiente figura se muestra un tren compuesto de cuatro engranes, dos de los cuales, los engranes 3 y 4, están sujetos a una misma flecha y por tanto, tiene la misma velocidad angular



La razón de velocidades para este ejemplo de tren de engranes resulta ahora en:

$$Mv = \left(-\frac{N2}{N3}\right) \left(-\frac{N4}{N5}\right)$$

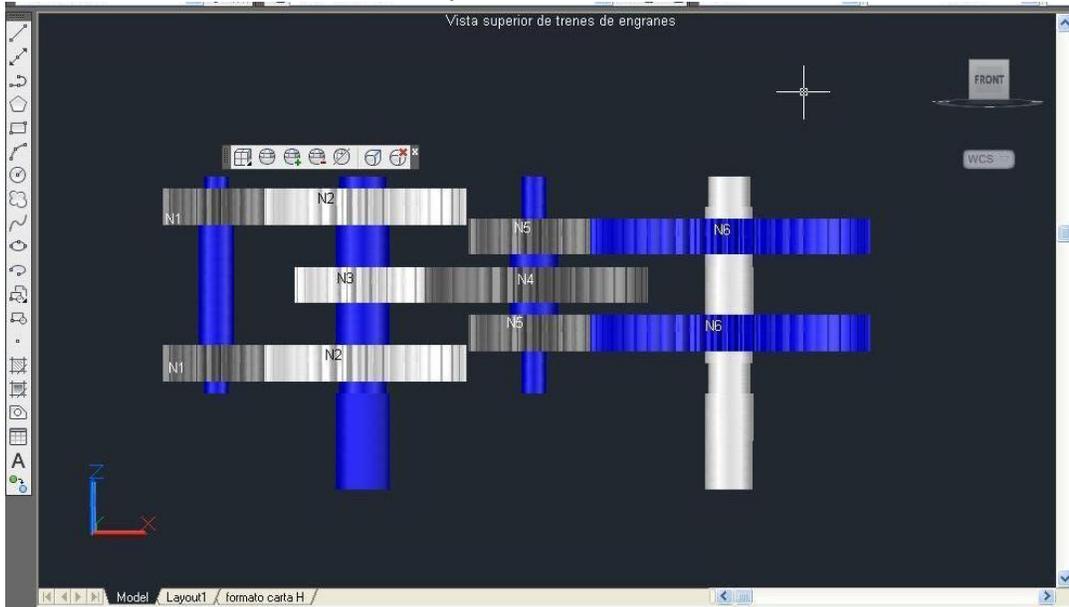
Esto puede generalizarse para cualquier número de engranes en el tren, de la siguiente forma:

$$Mv = \pm \frac{\text{producto de } N \text{ de dientes de los engranes impulsores}}{\text{producto de } N \text{ de dientes de los engranes impulsados}}$$

Se advierte que las relaciones no se cancelan mutuamente, y que la razón general del tren es el producto de las relaciones de engranajes en paralelo. Por lo que en un tren de engranes compuesto se llega a obtener una razón mas elevada a pesar de la limitación de alrededor de 10:1 en la razón de engranajes individuales. El signo de mas o de menos de la ecuación anterior dependerá del numero y tipo de acoplamientos del tren y si son externos o internos. Si se escribe la expresión en forma de la ecuación que describe el

tren de engranajes del ejemplo y se anota cuidadosamente el sino de cada razón de acoplamiento, dará como resultado el sino algebraico correcto

En la siguiente imagen se muestra la vista superior del tren de engranes diseñado para el reductor de velocidad de la maquina



VISTA SUPERIOR DE TREN DE ENGRANES

La razón de velocidades para el tren de engranes para la maquina es:

$$MV = \left(\frac{N2}{N1}\right) \left(\frac{N4}{N3}\right) \left(\frac{N6}{N5}\right)$$

4.11 Potencia en la flecha

Es posible determinar la potencia transmitida por una flecha partiendo de los principios básicos. En cualquier sistema de rotación, la potencia instantánea es el producto del par de torsión por la velocidad angular

$$P = T \omega$$

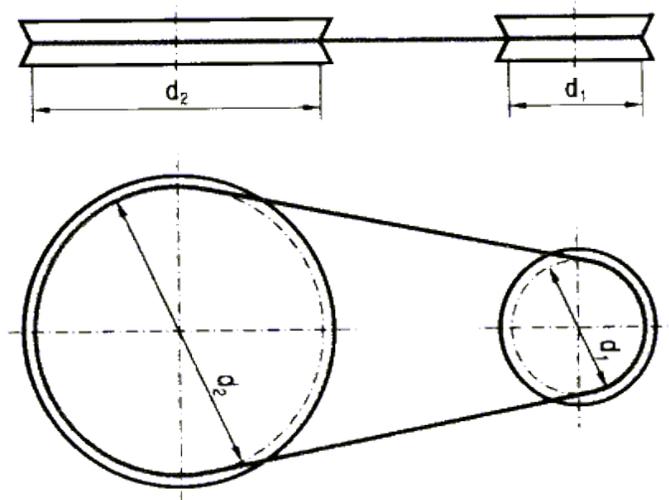
Donde ω debe aparecer expresado en radianes por unidad de tiempo. Sin importar las unidades base manejada para los cálculos, la potencia normalmente se convierte en caballos de fuerza (HP) en cualquier sistema ingles o en kilowatts (KW) en cualquier sistema métrico. Tanto el par de torsión como la velocidad angular pueden variar con el tiempo, aunque la gran parte de la maquinaria rotatoria se diseña para operar durante mucho tiempo a velocidad constante o casi constante. En estos casos, el par de torsión varía con el tiempo y la potencia promedio se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P_{prom} = (T_{prom})(\omega_{prom})$$

4.12 Transmisión de movimiento por poleas

Los sistemas de transmisión de poleas y correas se emplean para transmitir la potencia mecánica proporcionada por el eje del motor entre dos ejes separados entre sí por una cierta distancia. La transmisión del movimiento por correas se debe al rozamiento éstas sobre las poleas, de manera que ello sólo será posible cuando el movimiento rotórico y de torsión que se ha de transmitir entre ejes sea inferior a la fuerza de rozamiento. El valor del rozamiento depende, sobre todo, de la tensión de la correa y de la resistencia de ésta a la tracción; es decir, del tipo de material con el que está construida (cuero, fibras, hilos metálicos recubiertos de goma, etc.) y de sus dimensiones.

Las poleas son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas. Las correas son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada.



Este sistema se emplea cuando no se quiere transmitir grandes potencias de un eje a otro. Su principal inconveniente se debe a que el resbalamiento de la correa sobre la polea produce pérdidas considerables de potencia; sobre todo en el arranque. Para evitar esto parcialmente se puede utilizar una correa dentada, que aumenta la sujeción.

Para evitar que las correas se salgan de las poleas, será necesario que las primeras se mantengan lo suficientemente tensas como para que sean capaces de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse. Para evitar este problema se

emplean a veces rodillos tensores, los cuales ejercen sobre las correas la presión necesaria para mantenerlas en tensión.

4.12.1 Mecanismo multiplicador y reductor de velocidad

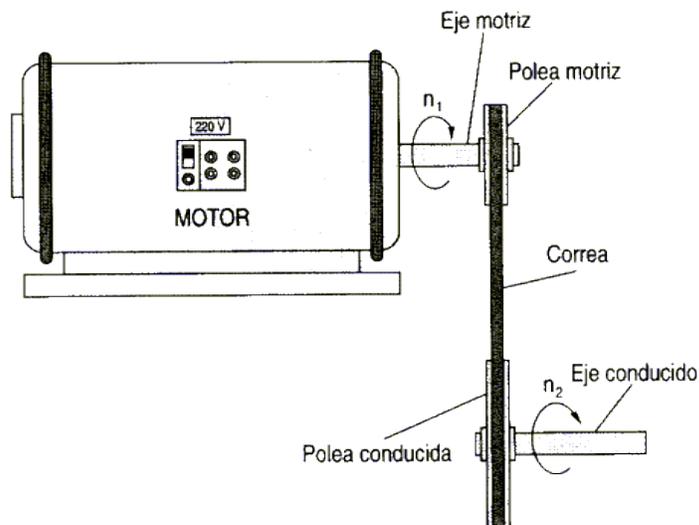
Se denomina mecanismo multiplicador de velocidad a aquél que transforma la velocidad recibida de un elemento motor (velocidad de entrada) en otra velocidad mayor (velocidad de salida).

Se denomina mecanismo reductor de velocidad a aquél que transforma la velocidad de entrada en una velocidad de salida menor.

En todo mecanismo de transmisión existen como mínimo dos eje, llamados eje motriz y eje conducido o arrastrado. El eje motriz es el que genera el movimiento y puede estar acoplado a un motor o ser accionado manualmente por medio de una manivela. El eje conducido es el que recibe el movimiento generado por el eje motriz.

La velocidad de giro de los ejes se puede medir de dos formas:

- Velocidad circular (n) en revoluciones o vueltas por minuto (r.p.m.).
- Velocidad angular (w) en radianes por segundo (rad/seg).



La expresión matemática que hace pasar de r.p.m. a rad/seg es:

$$w = \frac{2(\pi)(N)}{60}$$

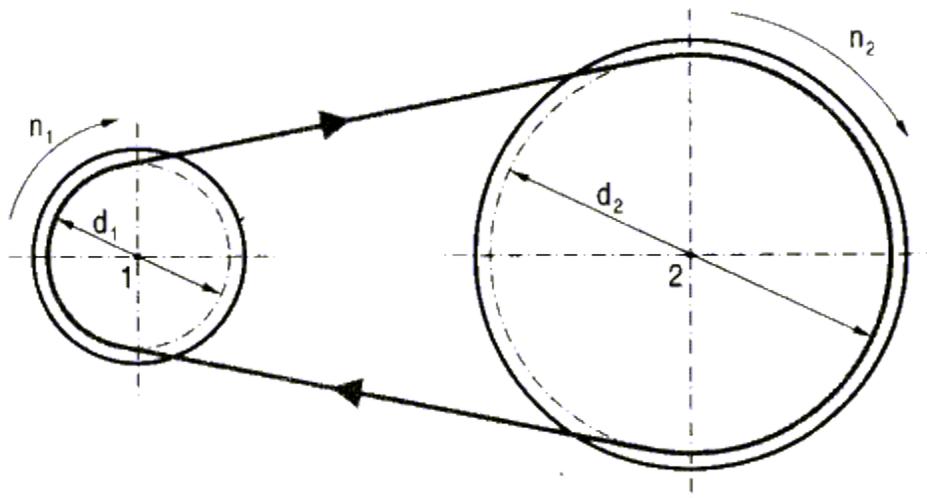
4.12.2 Transmisión simple

Cuando un mecanismo se transmite directamente entre dos ejes (motriz y conducido), se trata de un sistema de transmisión simple

Si se consideran dos poleas de diámetros " d_1 " y " d_2 " que giran a una velocidad " n_1 " y " n_2 " respectivamente, tal y como se indica en la figura, al estar ambas poleas unidas entre sí por medio de una correa, las dos recorrerán el mismo arco, en el mismo periodo de tiempo.

$$d_1 * n_1 = d_2 * n_2$$

De donde se deduce que los diámetros son inversamente proporcionales a las velocidades de giro y, por tanto, para que el mecanismo actúe como reductor de velocidad, la polea motriz ha de ser de menor diámetro que la polea conducida. En caso contrario actuará como mecanismo multiplicador.



El sentido de giro de ambos ejes es el mismo.

Relación de transmisión

$i = \text{velocidad de salida} / \text{velocidad de entrada}$

$$i = n_2 / n_1 = d_1 / d_2$$

Cuando i es mayor que 1 es un sistema multiplicador.

Cuando i es menor que 1 es un sistema reductor.

4.12.3 Transmisión compuesta

Cuando un movimiento se transmite entre más de dos árboles o ejes de transmisión se dice que se trata de un sistema de transmisión compuesta.

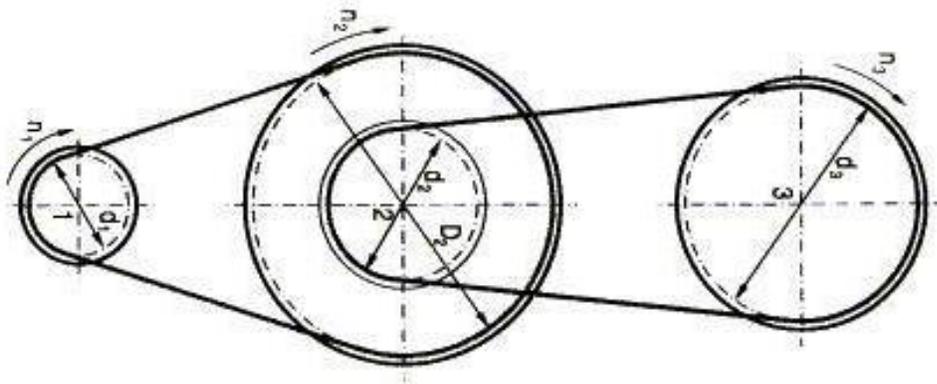
Consideremos el siguiente ejemplo de la figura.

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot D_2$$

$$n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3$$

$$i = n_3 / n_1 = (d_1 / D_2) \cdot (d_2 / d_3)$$

$$i = i_{1,2} \cdot i_{2,3} = (d_1/D_2) \cdot (d_2/d_3) = (n_2/n_1) \cdot (n_3/n_2)$$



4.13 MOTORES

El motor eléctrico es una maquina que puede convertir la electricidad en movimiento rotatorio, con objeto de que efectué un trabajo útil. Por lo tanto, el motor eléctrico representa uno de los mayores avances logrados para controlar las fuerzas de la naturaleza y hacer que desarrolle un trabajo para el hombre. En las actividades industriales y muchas comerciales es necesario mover distintos procesos productivos, maquinaria y equipos diversos, como ventiladores, bandas transportadoras, bombas de agua, escaleras eléctricas, compresores, taladros, entre un sin fin de aplicaciones que requieren movimiento.

Otra cualidad que distingue a los motores eléctricos es su larga vida se puede decir que en potencias industriales deben durar por lo menos 10 años, no obstante en inmensidad de lugares existen motores con más de 30 años de vida y en muchas industrias existen motores que rebasan esa edad.

Una ventaja más son los altos rendimientos que de ellos se obtiene, en motores pequeños (menos de 1 hp) su eficiencia es del orden del 80%, pero en grandes capacidades llegan hasta el 96% de eficiencia.

Las eficiencias de los motores eléctricos son en general muy superiores a la de los motores de combustión interna equivalentes, por ejemplo, un motor diesel tiene un rendimiento aproximado al 40%.

Además los motores eléctricos se pueden construir en todos los tamaños imaginables, y son mucho más adaptables, silenciosos y menos contaminantes que los motores de vapor o de explosión, gasolina o diesel.

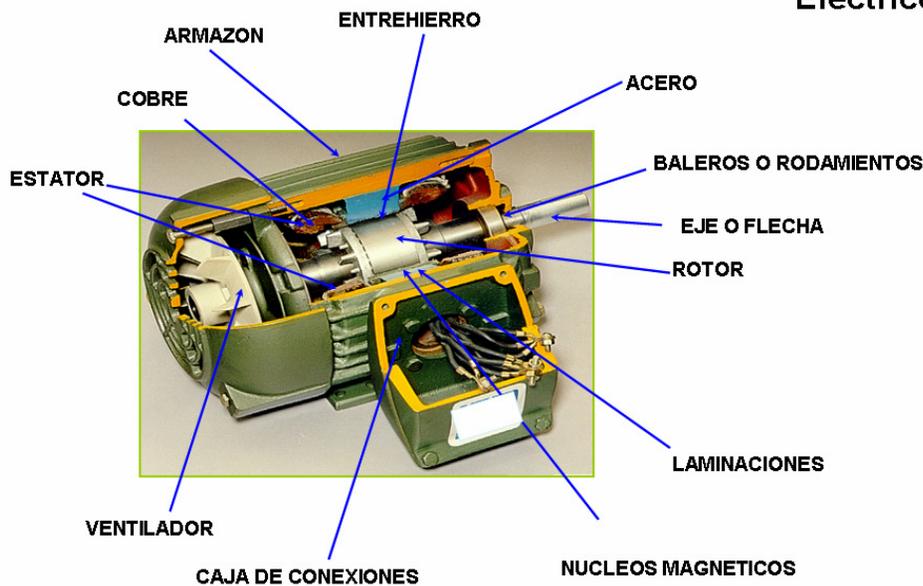
4.13.1 Motores de corriente directa.

La corriente eléctrica que distribuyen la empresas eléctricas es del tipo alterna, sin embargo hay muchas más aplicaciones que utilizan la corriente en forma directa, por ello los motores eléctricos pueden ser de corriente directa o de corriente alterna. Los motores de corriente directa o continua como también se les llama, presentan la ventaja de tener una gran capacidad para regular la velocidad de rotación del motor, lo cual los hace necesarios en ciertos tipos de aplicaciones, en los cuales se precisa un ajuste fino de la velocidad y torque.

En estos motores, el estator está formado por polos principales activados por corrientes continuas. Suelen llevar además polos auxiliares y en grandes potencias polos de compensación. El rotor se alimenta con corriente continua a través del colector y las escobillas. Los devanados del estator pueden alimentarse de diferentes formas, dando lugar a motores de características distintas.

- _ *En derivación.*- El estator se alimenta con la misma tensión de alimentación que el inducido.
- _ *Independiente.*- El estator se alimenta con una fuente de corriente continua independiente.
- _ *Serie.*- La intensidad que atraviesa los devanados del estator es la misma que alimenta el inducido.
- _ *Compuesto.*- Es una combinación de las características Serie y Derivación.

Partes del Motor Eléctrico



No obstante los motores de corriente directa necesitan una alimentación especial diferente a la que suministran las empresas eléctricas, por ello utilizan equipos adicionales como rectificadores de potencia, con los que la corriente alterna es convertida a directa; así como en ocasiones baterías de reserva lo cual incrementa los costos del motor y de la instalación. Por las grandes ventajas que tiene recibir la corriente alterna, la gran mayoría de los equipos que requieren de un motor eléctrico utilizan motores de corriente alterna, preferentemente en forma trifásica, aunque existen muchos motores de baja potencia que reciben solo una fase eléctrica (monofásicos).

Actualmente, producto del alto desarrollo tecnológico, los motores de corriente alterna también pueden variar la velocidad y torque que entregan al equipo acoplado, para ello deben instalarse en combinación con un regulador electrónico de velocidad variable, conocidos en el lenguaje industrial como "Drivers", "Variadores de Frecuencia" ó "Convertidores de Frecuencia Variable".

4.13.2 Motores de corriente alterna: síncronos y asíncronos.

Los motores de corriente alterna son por mucho los más empleados, dada la gran ventaja de poder funcionar con la forma de corriente que suministran las empresas eléctricas, no requieren pasar la corriente alterna a corriente directa, por tanto son de menor costo. Se clasifican en motores asíncronos (o de inducción) y motores síncronos. En los síncronos el eje gira a la misma velocidad que lo hace el campo magnético, en los asíncronos el eje se revoluciona a una velocidad poco menor a la del campo magnético.

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, debido a la circulación de corriente alterna por los devanados trifásicos y la influencia de los polos magnéticos del estator.

La razón para utilizar motores de menor velocidad es para incrementar el torque o par, que puede entregar el motor. Este término se refiere al equivalente de fuerza por distancia que es capaz de ejercer un motor en cada giro. El giro de un motor tiene dos características: el par motor y la velocidad de giro.

El par motor se expresa y mide en Newton-m (Nm); un par de 20 Nm, es igual al esfuerzo de tracción de 20 Newtones, aplicado a un radio de un metro.

Un ejemplo práctico para comprender la diferencia entre par y potencia lo podemos observar en los pedales de una bicicleta; en donde el motor sería la persona que pedalea, y el par motor, en ese caso, la presión o fuerza que ejerce sobre los pedales

Si por ejemplo, la persona conduce su bicicleta a una determinada velocidad fija, digamos unos 15 km/h, con un engrane grande, dando 30 vueltas por minuto;

estaría generando una potencia determinada; ahora sí reduce la velocidad de giro a 15 las revoluciones por minuto, para generar la misma potencia tendría que emplear el doble de par; pues deberá hacer el doble de fuerza con cada pedaleada para mantener la velocidad de 15 km/h.

La potencia puede ser calculada si se conoce el torque requerido por el equipo, mediante la siguiente ecuación:

$$potencia = \frac{\text{torque (Nm – pie – libra)} \times \text{r. p. m.}}{k}$$

K es una constante, igual a 7,124 sí T esta en Nm; y 5,250 sí T esta pie- libra.

4.13.3 Deslizamiento.

Se menciona que los motores asíncronos no giran a la velocidad del campo magnético, llamada sincronía, sino que lo hacen a una velocidad muy próxima, se llama deslizamiento “ s”, a la diferencia entre la velocidad de sincronismo n_s y la del rotor n , expresada como un porcentaje de la velocidad de sincronismo:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

Eficiencia.

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Este es el concepto más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. La eficiencia se puede expresar de las siguientes maneras:

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{potencia Mecanica de salida}}{\text{potencia electrica de entrada}}$$

$$Eficiencia = \frac{\text{Potencia electrica que entra} - \text{perdidas}}{\text{Potencia electrica que entra}}$$

El valor más alto de eficiencia es la unidad (1), en el caso ideal si las pérdidas fueran cero, como lo indica la segunda expresión. Los fabricantes de motores hacen innovaciones tecnológicas tendientes a disminuir las pérdidas al máximo posible empleando materiales de alta calidad y un proceso de mejora continua en la fabricación.

4.13.4 Selección del motor.

En la selección de motores eléctricos deben considerarse los siguientes parámetros.

- _ Potencia requerida por la aplicación
- _ Eficiencia
- _ Tipo de carcasa (abierto, cerrado)
- _ Factor potencia
- _ Factor de servicio
- _ Velocidad en rpm
- _ Temperatura de operación y del ambiente
- _ Torque necesario

_ Tipo de aislamiento

Otros conceptos a considerar son:

_ Rango del factor de potencia

_ Torque requerido para vencer la inercia

_ Número de arranques esperados

Información sobre el medio ambiente:

_ Corrosivo o no corrosivo, explosivo

_ Altitud

_ Tipo de suciedad

_ Niveles de humedad

_ Peligroso o no peligroso

También es importante observar requerimientos de protección térmica, facilidad de mantenimiento, y espacio de calefacción y otros para prevenir la falla o desgaste prematuro del motor.

4.13.5 Tipo de carga de los motores.

Las cargas en las que trabajan los motores eléctricos varían conforme una gama incontable de servicios, sin embargo hay clasificaciones determinadas que engloban todos los conceptos y aplicaciones. En términos generales los tipos de carga se clasifican en:

Carga de par constante. Es la carga que demanda del motor un par o torque constante en cualquier rango de velocidad, por ejemplo: elevadores, bandas transportadoras, maquinaria textil, impresoras, bombas de desplazamiento positivo y de pistón, extrusoras, mezcladoras, compresores recíprocos, etc.

Cargas de par variable. Es el tipo de cargas en el cual las necesidades de par o torque cambian en el ciclo de trabajo, comúnmente en aplicaciones de flujo variable, como bombas, compresores y ventiladores centrífugos, agitadores, etc.

Cargas de potencia constante. Es el tipo de aplicaciones en que no importa la velocidad a la que esté girando la carga, la potencia se mantiene en su valor máximo. Estas cargas se encuentran básicamente en bobinadoras, dobladores, troqueladoras, hiladoras, etc. Muchas de las aplicaciones de velocidad variable utilizan reductores después del motor, debido a requerimientos de baja velocidad y par elevado, normalmente la reducción se realiza por medios mecánicos como engranes, bandas, etc.

Carga de velocidad constante, par constante.

Algunas aplicaciones requieren de velocidad y par constante, tal como los extractores, ventiladores de flujo constante de cocinas y baños, ventiladores de aire a volumen constante, y bombas de circulación.

Carga de velocidad constante, par variable.

Otra clase de carga puede requerir velocidad constante pero con par variable, por ejemplo una cortadora opera a la misma velocidad desembragada que cortando, una escalera mecánica opera a la misma velocidad independiente de la carga que transporta, lo mismo un transportador de cadenas.

Carga de velocidad y par variable.

En estas aplicaciones varían tanto la velocidad como el par, este tipo de carga es el que ofrece el más alto potencial de ahorro de energía cuando se les aplica un convertidor de frecuencia variable.

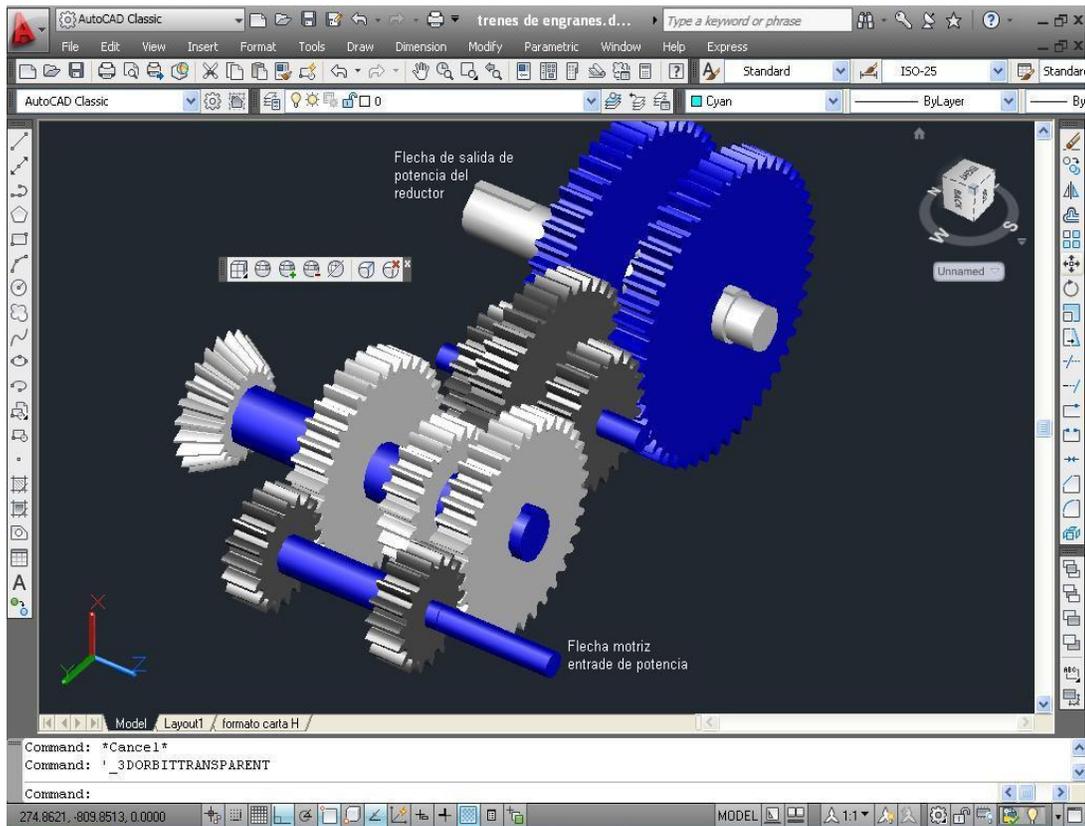
Selección del Tamaño Adecuado del Motor.

En virtud de que la mayoría de los motores eléctricos presentan su mayor eficiencia al 75% de factor de carga, es conveniente que la elección de la potencia de un motor sea para que este trabaje al 75 % de carga. Así trabajara en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25% de capacidad adicional para soportar mayores cargas de trabajo, evitando también el sobrecalentamiento del motor. La potencia del motor eléctrico la determina el equipo acoplado, que la indica en BHP, Brake Horse Power o Caballo de Potencia en la Flecha; supongamos que tenemos un ventilador que indica que la que debe recibir es 15 BHP, la potencia de motor que debemos acoplar a este ventilador debe ser:

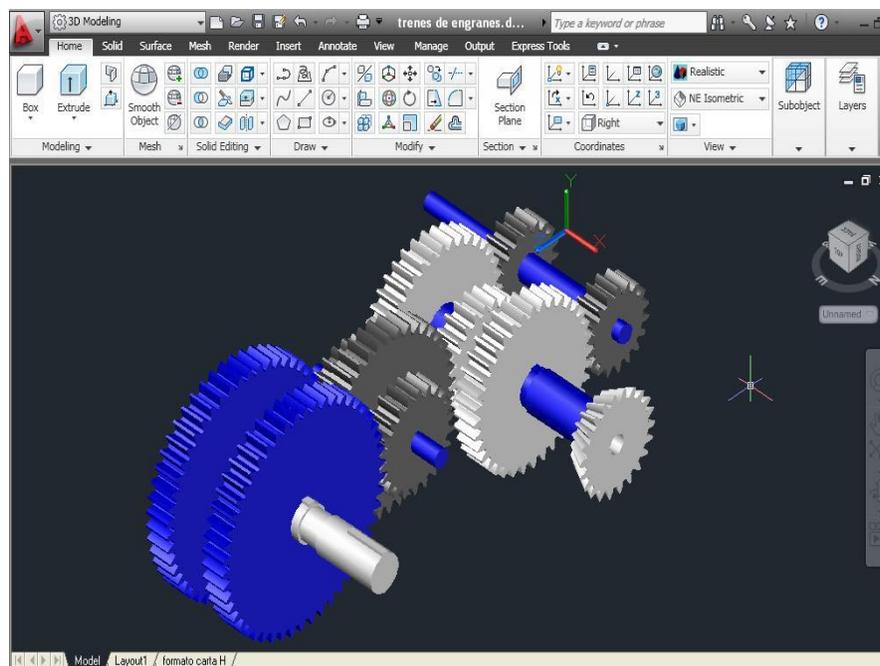
$$Potencia\ del\ motor = \frac{\text{potencia en la flecha (BHP)}}{0.75}$$

Así el motor trabajara dentro de los valores más altos de su eficiencia y en caso necesario tendrá 5 caballos de potencia reservada para circunstancias de mayor trabajo, pero a pesar de incrementar su factor de carga seguirá trabajando en el rango de mayor eficiencia. No debe olvidarse satisfacer las necesidades de troqué del equipo acoplado, debe considerarse además de la potencia la velocidad, arrancador y protección que se requiere, entre otros aspectos.

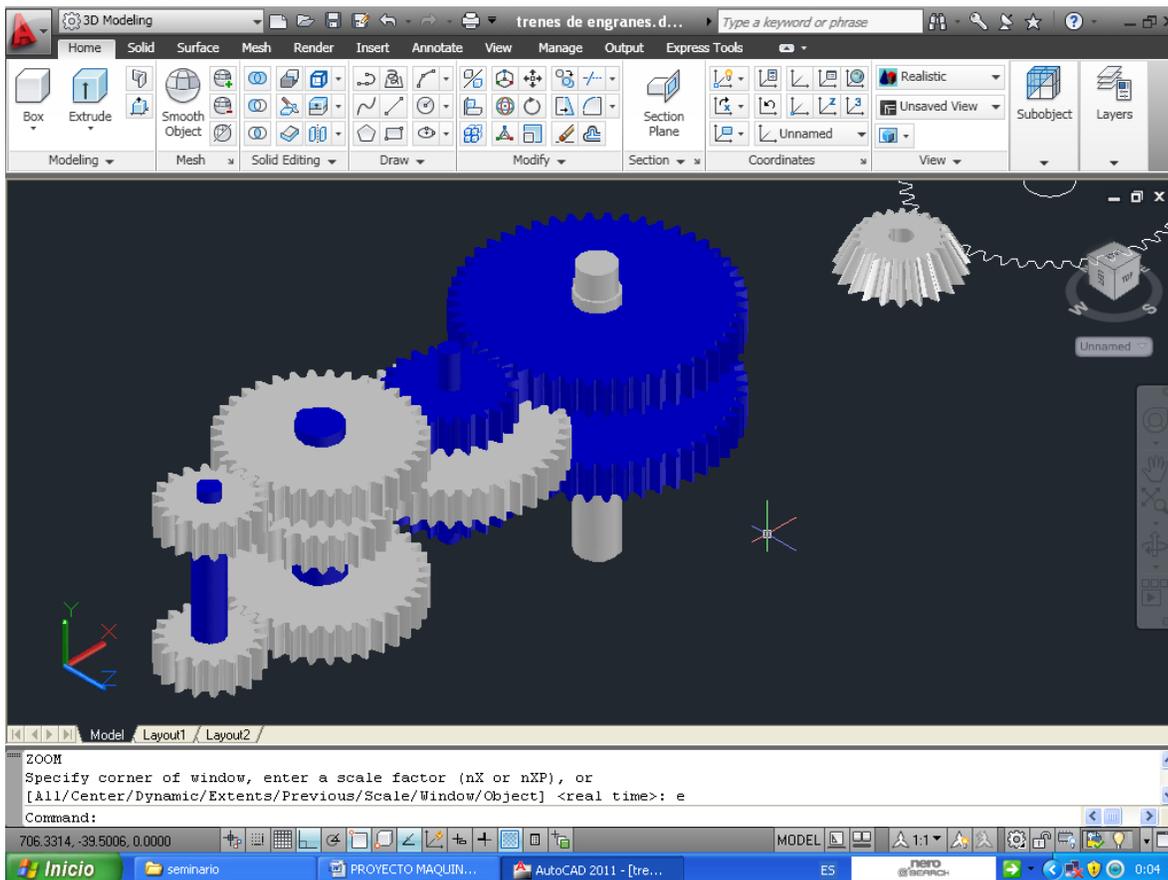
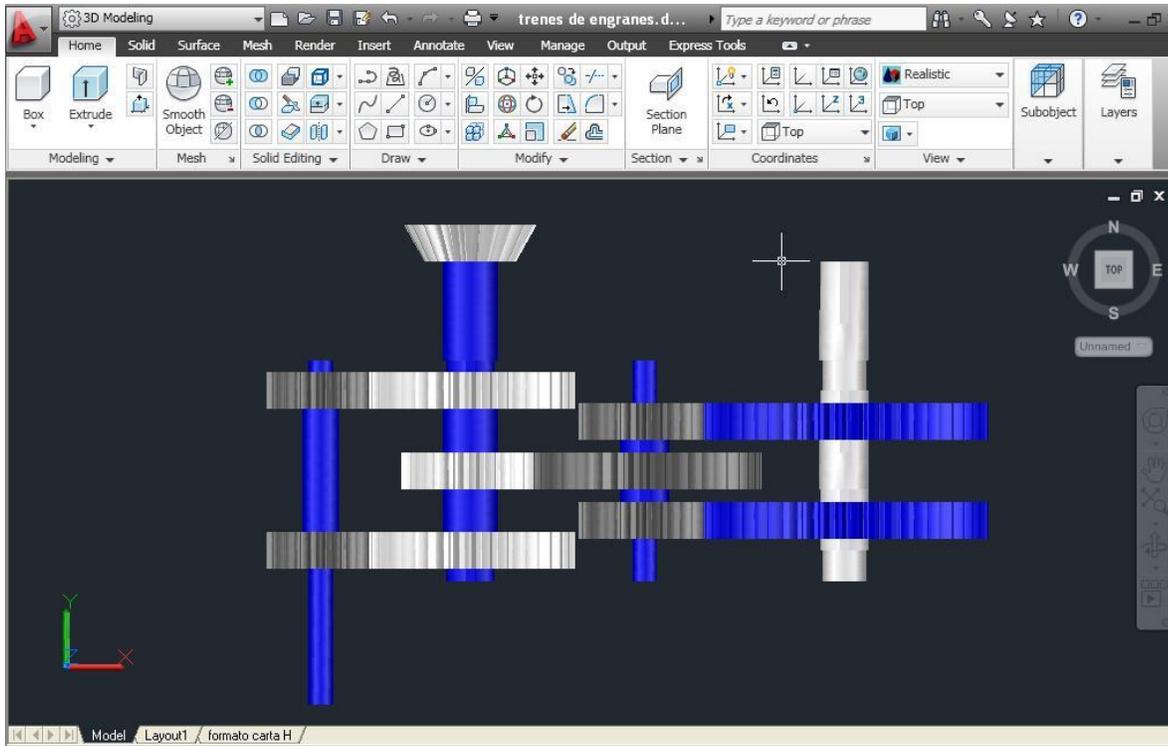
4.15 DISEÑO DE MAQUINA ASISTIDO POR COMPUTADORA

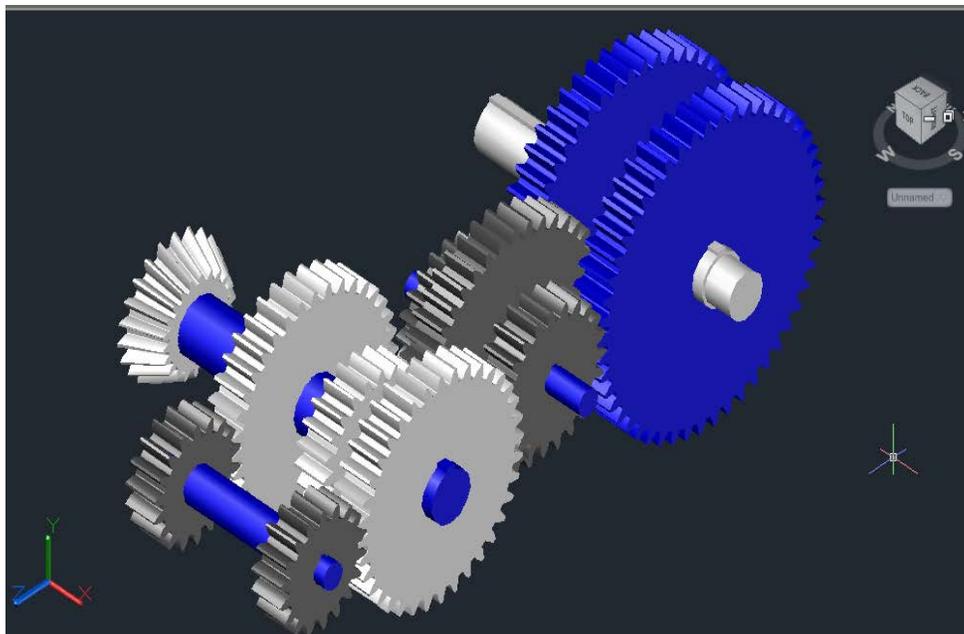
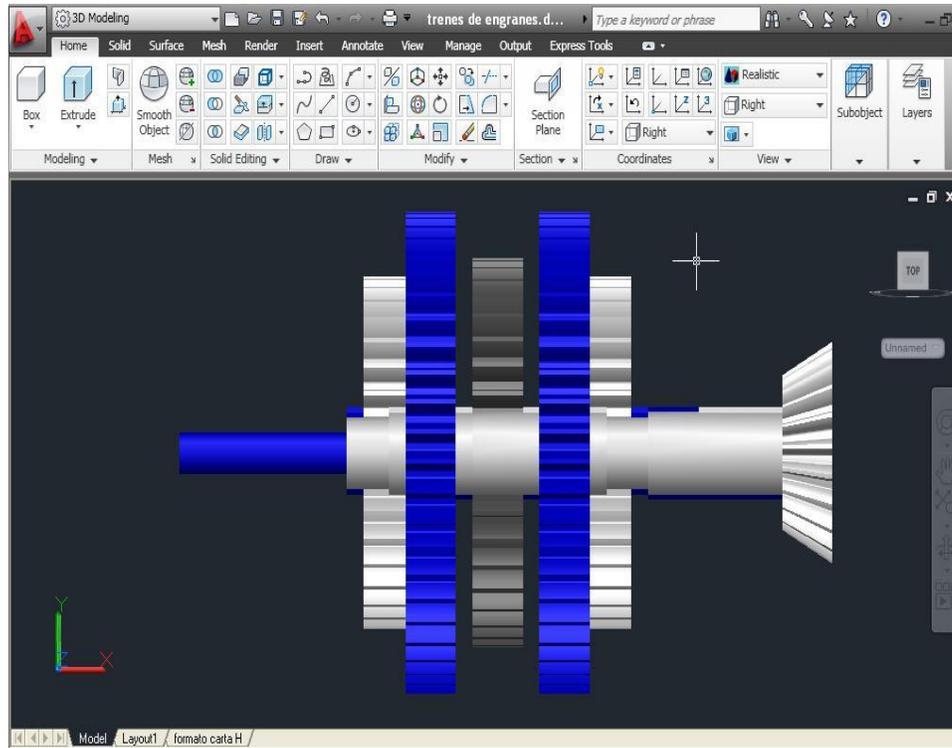


Diseño de tren de engranes (reductor de velocidad) con ayuda de software CAD en este caso AUTO-CAD

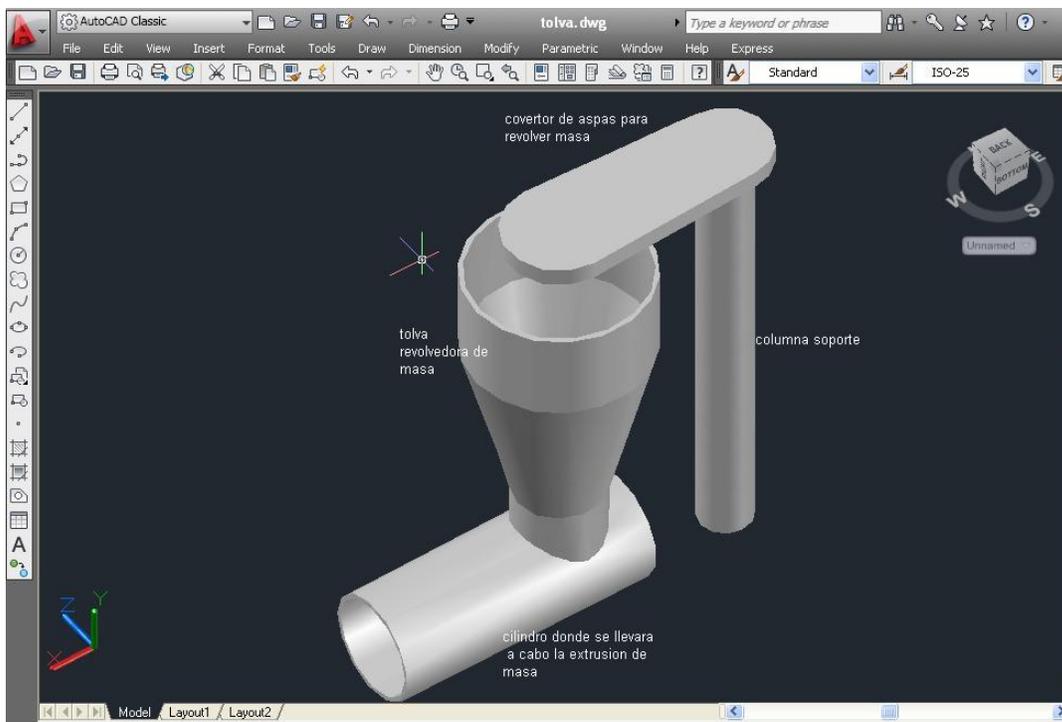
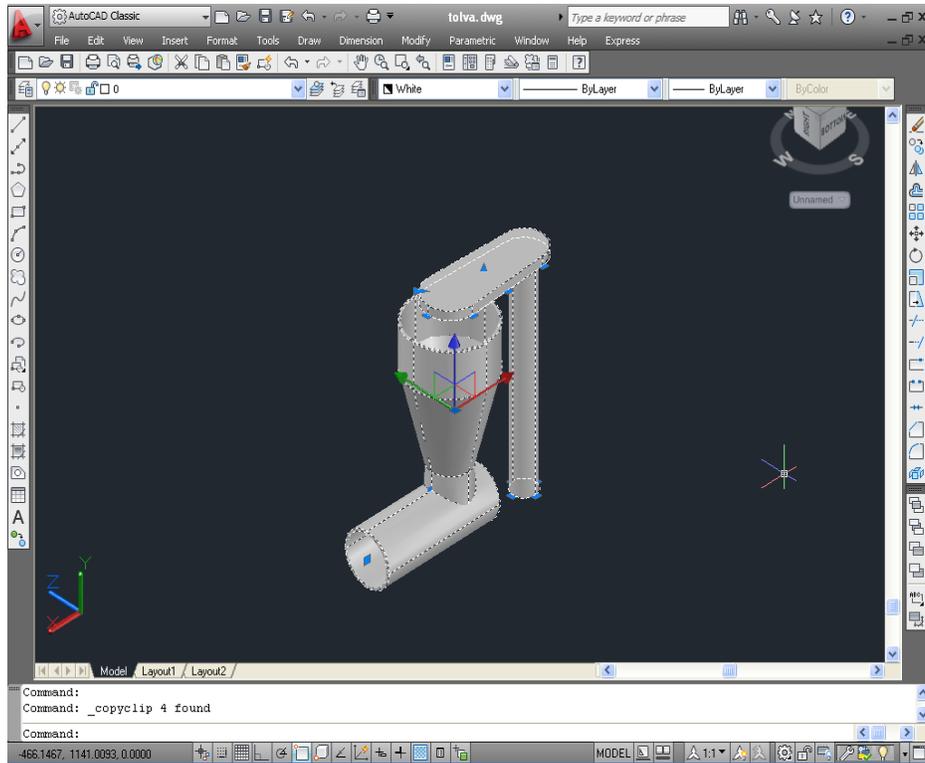


CAPITULO IV DISEÑO DE REDUCTOR DE VELOCIDAD DE MAQUINA





Vista isométrica del tren de engranes (reductor de velocidad)

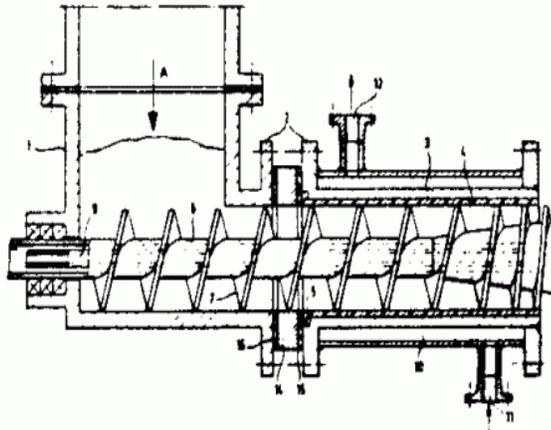


Tornillo sin fin para el desplazamiento de la masa

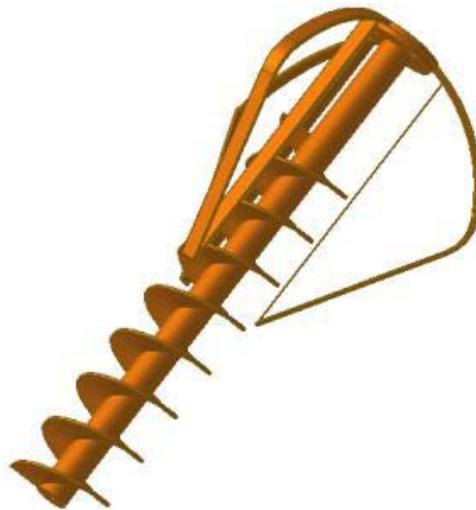
Vista lateral con corte transversal del tornillo sin fin para la extrusión de la masa en la sección A se encuentra la válvula que se abre para dejar caer la masa que cae por gravedad hacia el tornillo

sin fin

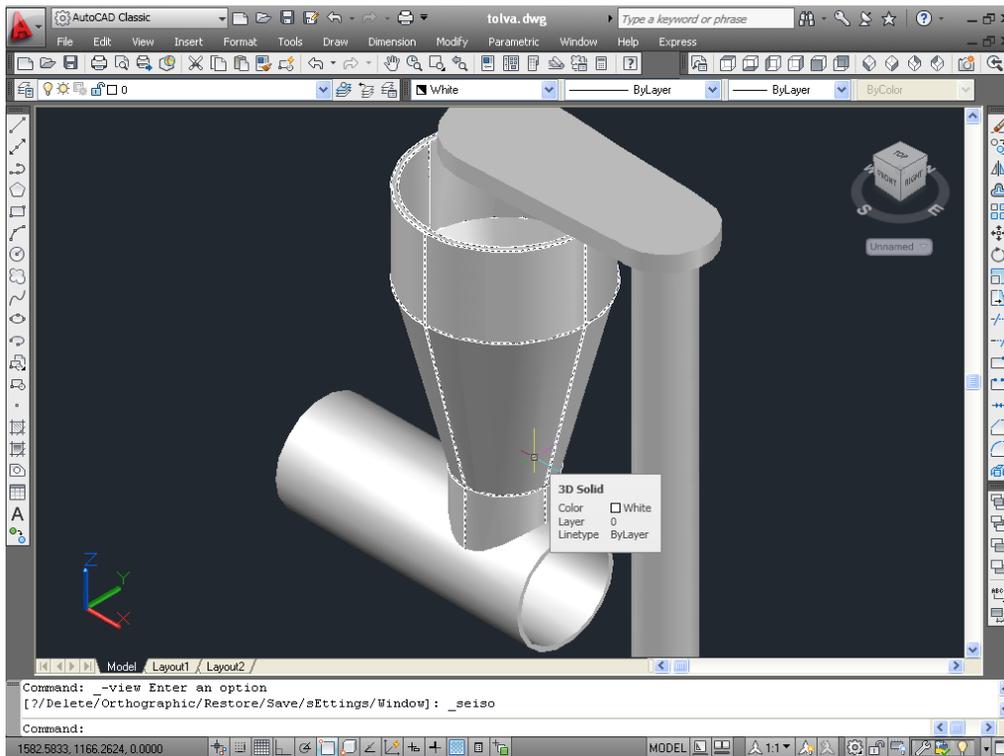
Fig. 1



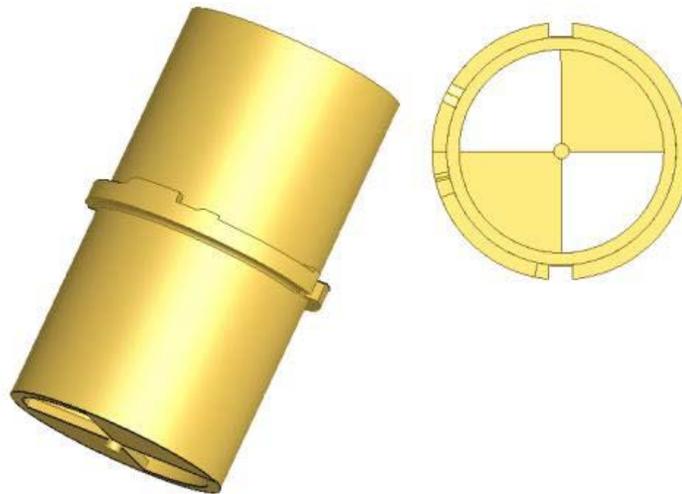
Aspas y tornillo sin fin para la revolvedora de la tolva



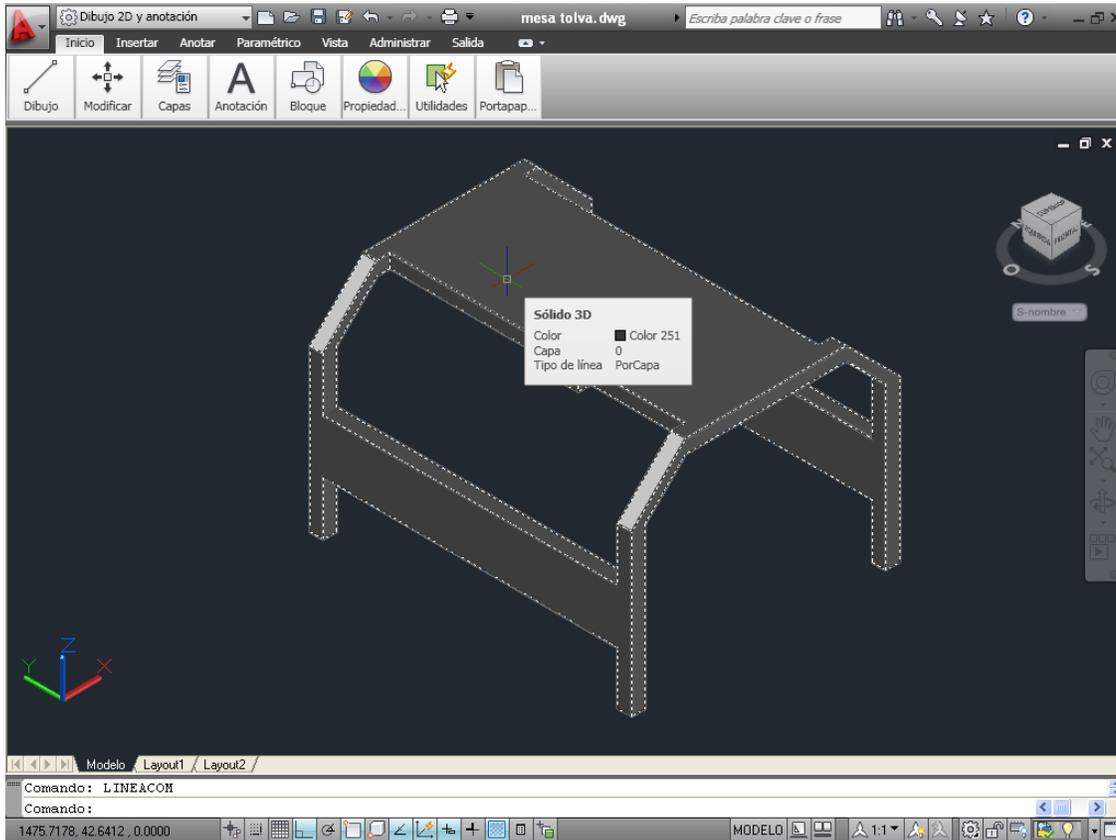
Vista lateral de nuestra maquina



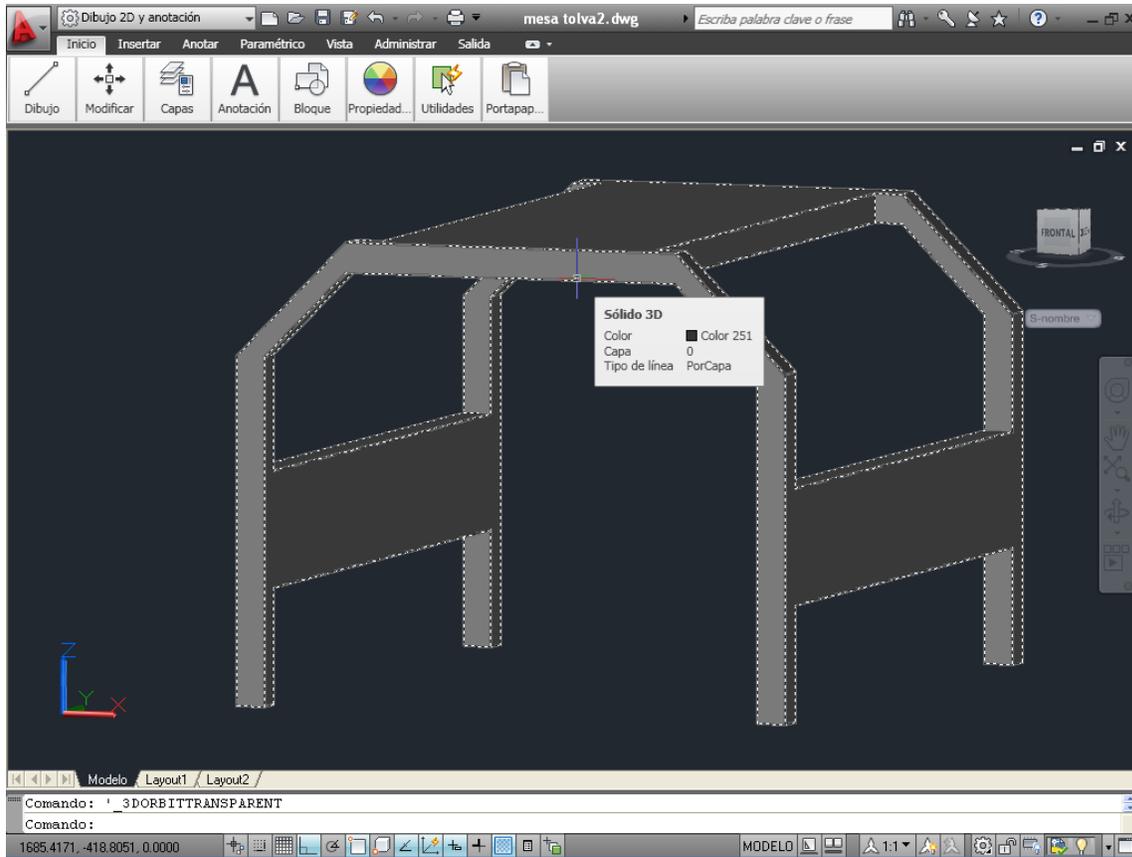
Válvula de seguridad que controla el paso de la masa de la tolva hacia el tornillo sin fin para el proceso de extrusión de la masa



Estructura sobre la cual estará montada la maquina



CAPITULO IV DISEÑO DE REDUCTOR DE VELOCIDAD DE MAQUINA



CAPITULO V

MEMORIA DE CÁLCULO

5.1 CALCULO DE LAS DIMENCIONES DE LA TOLVA

Para determinar el espesor de la lámina de acero requerida para la elaboración de cada uno de los elementos, estudiaremos el caso de la tolva de almacenamiento que se encuentra sometida al mayor valor de esfuerzo.

$$H1 = 0.200\text{m}$$

$$h2 = 0.100\text{m}$$

$$D1 = 0.500\text{m}$$

$$D2 = 0.100\text{m}$$

$$\alpha = 27.0^\circ$$

$$\alpha = 0.25\text{m}$$

$$h = 0.300\text{m}$$

$$R = 0.05\text{m}$$

$$\alpha = 27.0^\circ$$

Volumen

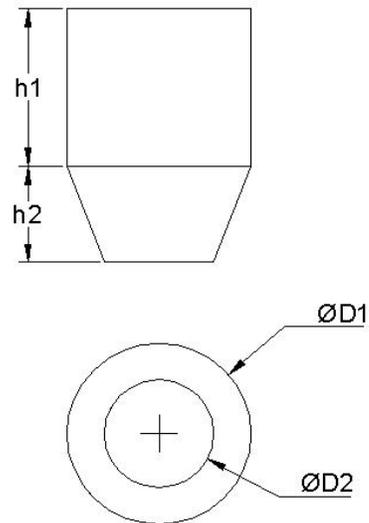
$$V = (\pi)r^2 a$$

$$r \times r \times a \times \pi$$

$$25 \times 25 \times 30 \times 3.14 = .058\text{m}^3$$

Volumen de un kilo de masa

$$A = 11 \times 11 \times 11 = 1331 \text{ cm}^3 = 1.331 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$



5.2 CALCULO DEL PAR TORSOR PARA DEFORMAR LA MASA

De acuerdo a la ecuación de petroff, utilizada para determinar el comportamiento de un lubricante en un cojinete, bajo la acción de parámetros de velocidad y carga, podemos aproximar el valor requerido.

$$\bullet \quad T = \frac{4(\pi^2)(r^3)L\mu N}{H}$$

Donde:

μ : viscosidad del fluido

r: radio del eje. L: longitud del eje.

N: velocidad de giro (rad/s). H: holgura entre eje y cojinete.

Substituyendo en la ecuación los respectivos valores obtenemos:

$$\bullet \quad T = \frac{4(\pi^2)(.0889)^3(60)(1.6 \times 10^{-5})(8.2249)}{.0015m}$$

$$T = 1.460 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

5.3 CALCULO PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR

$$\bullet \quad HP = \frac{2(\pi) T Nr}{60}$$

T = torque N*m

Nr= revoluciones

$$\bullet \quad HP = \frac{2(\pi) (1.460 \times 10^{-3}) (3600)}{60}$$

$$HP = .550$$

En virtud de que la mayoría de los motores eléctricos presentan su mayor eficiencia al 75% de factor de carga, es conveniente que la elección de la potencia de un motor sea para que este trabaje al 75% de carga. Así trabajara en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25% de capacidad adicional para soportar mayores cargas de trabajo, evitando también el sobrecalentamiento del motor.

La potencia del motor eléctrico la determina el equipo acoplado que se indica en caballos de fuerza, para este caso estará acoplado al reductor de velocidad que a su vez moverá el tronillo sin fin de la masa.

$$Potencia\ motor = \frac{Pot.\ flecha\ (HP)}{.75}$$

$$Potencia\ motor = \frac{.55\ HP}{.75} = .733HP$$

5.4 CALCULOS DE POLEAS PARA LA REDUCCION DE VELOCIDAD

Se pretende hacer la primera reducción de velocidad al motor con dos poleas una que va al eje del motor y la otra al eje del tren de engranes reductor de velocidad que ira conectado también a las aspas de la tolva

Considerando un motor el motor entrega 3600 RPM

- Velocidad de salida del motor =3600 rpm
 - $D_{mayor} \times N1 = D_{menor} \times N2$
 - Polea motriz=3" d
 - Polea conducida =9" D
 - N1= rev. de la polea
-
- $N1 = \frac{(3)(3600)}{9} = 1200\ rpm$



5.5 CALCULO DE RELACION DE VELOCIDADES DEL TREN DE ENGRANES

Con el tren de engranaje se pretende reducir la velocidad del tornillo sin fin para obtener una velocidad adecuada del tornillo sin fin y así poder dosificar la masa para su posterior laminado

$$\frac{W_{ent}}{W_{sal}} = \frac{\text{producto eng. movido}}{\text{producto eng. motrices}}$$

Numero de dientes del tren de engranaje propuesto

Considerando que el motor transmitirá la potencia mediante poleas al reductor de velocidad $W_{ent} = 1200\text{RPM}$

$N_1=18, N_2=36, N_3=23, N_4=40, N_5=22, N_6=50$

N_2, N_4, N_6 son engranes movidos

N_1, N_3 y N_5 son engranes motrices

$W_{ent}=1200 \text{ rpm}$

$$W_{sal} = \frac{W_{ent} * \text{producto eng motrices}}{\text{producto eng mov}}$$

$$W_{sal} = \frac{1200\text{rpm} * (18)(23)(22)}{(36)(40)(50)} = 151.8\text{RPM}$$

Considerando un motor que entregue 3600rpm y conectado a dos poles una de 3" (motriz) y otra de 9" movida este tren de engranes nos estará entregado a la salida 151.8 RPM

5.6 Cálculo de elementos de engranes

ENGRANE 1 MOTRIZ

M=modulo O= diámetro exterior W= profundidad total del diente

N= numero de dientes E'= espesor del diente P'= paso circular Ø int= diámetro de fondo

DATOS

$$M= 4.5$$

$$N= 18$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\varnothing_{primitivo} = N * M$$

$$\varnothing_{primitivo} = 18 * 4.5 = 81mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (18 + 2)4.5 = 90mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\varnothing_{int} = 2W - O$$

$$\varnothing_{int} = 2(9.7038) - 91 = 70.586$$

ENGRANE 2 (MOVIDO)

Datos

$$M=4.5$$

$$N=36$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\varnothing_{primitivo} = N * M$$

$$\varnothing_{primitivo} = 36 * 4.5 = 162mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (36 + 2)4.5 = 171mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\emptyset_{int} = 2W - O$$

$$\emptyset_{int} = 2(9.70386) - 171 = 151.586$$

ENGRANE 3 (MOTRIZ)

DATOS

$$M=4.5$$

$$N=23$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\emptyset_{primitivo} = N * M$$

$$\emptyset_{primitivo} = 23 * 4.5 = 103.5mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (23 + 2)4.5 = 112.5mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\emptyset_{int} = 2W - O$$

$$\emptyset_{int} = 2(9.70386) - 112.5 = 93.092$$

ENGRANE 4 (MOVIDO)

$$M=4.5$$

$$N=40$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\varnothing_{primitivo} = N * M$$

$$\varnothing_{primitivo} = 40 * 4.5 = 189mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (40 + 2)4.5 = 189mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\varnothing_{int} = 2W - O$$

$$\varnothing_{int} = 2(9.70386) - 189 = 169.586$$

ENGRANE 5 (MOTRIZ)

Datos

$$M=4.5$$

$$N=22$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\varnothing_{primitivo} = N * M$$

$$\varnothing_{primitivo} = 22 * 4.5 = 99mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (22 + 2)4.5 = 108mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\emptyset_{int} = 2W - O$$

$$\emptyset_{int} = 2(9.70386) - 108 = 88.586$$

ENGRANE 6

Datos

$$M=4.5$$

$$N=50$$

$$P' = \pi * M$$

$$P' = \pi * 4.5 = 14.1372$$

$$\emptyset_{primitivo} = N * M$$

$$\emptyset_{primitivo} = 50 * 4.5 = 225mm$$

$$O = (N + 2)M$$

$$O = (50 + 2)4.5 = 234mm$$

$$E' = \frac{P'}{2}$$

$$E' = \frac{14.1372}{2} = 7.0386$$

$$W = \frac{E}{10} + 2M$$

$$W = \frac{7.0386}{10} + 2(4.5) = 9.70386$$

$$\emptyset_{int} = 2W - O$$

$$\emptyset_{int} = 2(9.70386) - 234 = 214.586$$

5.7 Cálculos de distancias entre centros de los engranes

Debido a que los engranes estarán acoplados en flechas para así formar la cadena cinemática del reductor de velocidad es necesario conocer cual será las distancias entre los centros de cada engrane con respecto al que estará embragado; y que será la misma distancia de separación que tendrán las flechas del reductor

$$L = \frac{M(n + N)}{2}$$

Donde

L= distancia entre centros

M=modulo

N=num dientes engrane mayor

n= num dientes engrane menor

Distancia entre centros entre engrane 1y2

$$L = \frac{4.5(18 + 36)}{2} = 121.5 \text{ mm}$$

Distancia entre centros entre engrane 2 y 4

$$L = \frac{4.5(36 + 40)}{2} = 171 \text{ mm}$$

Distancia entre centros entre engrane 3 y 4

$$L = \frac{4.5(23 + 40)}{2} = 141.75 \text{ mm}$$

Distancia entre centros entre engrane 5 y 6

$$L = \frac{4.5(22 + 50)}{2} = 162 \text{ mm}$$

Distancia entre engrane 5 y engrane 6 distancia total

$$Dt = d_{12} + d_{34} + d_{56}$$

$$Dt = 121.5 + 141.75 + 162 = 425.25$$

CAPITULO VII

MECANIZADO DE PIEZAS MEDIANTE CNC

6.1 Introducción

El control numérico se refiere a la operación de máquinas herramienta con datos numéricos almacenados en cinta de papel o magnética, tarjetas tabulares memorias de computadora o información directa.

Se designa como control numérico a el proceso en el cual las maquinas herramienta se controlan mediante instrucciones numéricas que han sido almacenadas en memorias u dispositivos de almacenamiento extraíbles. Debido a que se utiliza información matemática, el concepto es llamado control numérico o CN, que es la operación de maquinas herramienta y maquinas para otros procesos por medio de una serie de instrucciones codificadas.

6.2 Principio de funcionamiento

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos laterales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre. En el caso de las fresadoras se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

6.3 Programación punto por punto

La programación cnc a menudo se divide en la de punto por punto y la de trayectoria continua. El método de punto por punto o posicionamiento se caracteriza por su uso en maquinas punteadoras taladradoras etc. Esta instrucción permite al árbol principal o a la pieza localizarse en una posición relativa específica y la herramienta y la herramienta opera ya sea por mando del programa que se esta ejecutando. En algunos casos el método punto por punto puede programarse para maquinar una línea recta o contorno

6.4 Programación de trayectoria continua (programación lineal)

En la programación de trayectoria continua la herramienta de corte toca la pieza cuando tiene lugar un movimiento coordinado. El contorneado cambia de movimiento entre puntos del programa; una rutina de interpolación lo diferencia de la programación punto por punto, se pueden usar tres métodos para la interpolación para conectar puntos coordinados definidos: el lineal, circular, y parabólico

6.5 DESCRIPCION DE FUNCIONES DE CODIGOS PARA TORNO CNC CON CONTROL FANUC

Funciones de programación para un torno CNC cyclone con control fanuc

M00	PARO DE PROGRAMA
MO1	PARO OPCIONAL DE PROGRAMA
M03	GIRO DEL HUSILLO SENTIDO HORARIO
M04	GIRO DEL HUSILLO EN SENTIDO ANTOHORARIO
M05	PARO DEL HUSILLO
M06	CAMBIO AUTOMATICO DE HERRAMIENTA
M38	APERTURA AUTOMATICA DE PUERTA
M39	CIERRE AUTOMATICO DE PUERTA
M30	FIN DE PROGRAMA PRINCIPAL

FUNCIONES PRINCIPALES CODIGS G

G00	POSICIONAMIENTO RAPIDO DE LOS EJES X ,Z (SIN CORTE)
G01	POSICIONAMIENTO LENTO CON AVANCE RAPIDO (CON CORTE)
G02	INTERPOLACION CIRCULAR SENTIDO HORARIO
G03	INTERPOLACION CIRCULAR SENTIDO ANTIHORARIO
G20	PROGRAMACION EN PULGADAS
G21	PROGRAMACION EN MILIMETROS
G28	REGRESO A PUNTO DE REFERENCIA "HOME"
G70	CICLO AUTOMATICO DE ACABADO
G71	CICLO AUTOMATICO DE DESBASTE
G72	CICLO AUTOMATICO DE CAREADO
G73	CICLO AUTOMATICO PARA PIEZAS DE FUNDICION
G74	CICLO AUTOMATICO DE BARRENADO
G76	CICLO AUTOMATICO DE ROSCADO
G96	PROGRAMACION DE VELOCIDAD DE CORTE CONTANTE
G97	PROGRAMACION DE VELOCIDAD DE CORTE VARIABLE
G98	PROGRAMACION DEL AVANCE EN MM/MIN O PLG/MIN
G99	PROGRAMACION DEL AVANCE EN MM/REV O PLG/REV

Características técnicas

Diámetro de volteo 75mm

Distancia entre centros 210 mm

Recorrido del eje x= 94mm

Recorrido del eje z=210mm

Angulo de bancada 45^a

Potencia del husillo= 3HP

Velocidad periférica del husillo= 30 a 5000 rpm

Numero de estaciones= 6 htas



6.6 Funciones de programación para una fresa CNC triac con control fanuc

“o”	NUMERO DE PROGRAMA
N	NUMERO DEL BLOQUE (DE 0 9999)
X,Y,Z	COORDENADAS EN SISTEMA ABSOLUTO
I,J	PARAMETROS DE INTERPOLACION CIRCULAR
F	AVANCE DE LA HERRAMIENTA (MM/MIN,PLG/MIN ETC)
R	DESIGANCION DE RADIOS
S	DESIGNACION DE NUMERO DE RPM
T	DESIGANCION DE LA HERRAMIENTA

Funciones miscelánea o auxiliar

M00	PARO DE PROGRAMA
MO1	PARO OPCIONAL DE PROGRAMA
M03	GIRO DEL HUSILLO SENTIDO HORARIO
M04	GIRO DEL HUSILLO EN SENTIDO ANTOHORARIO
M05	PARO DEL HUSILLO
M06	CAMBIO AUTOMATICO DE HERRAMIENTA
M29	COMANDO PARA TRABAJAR EN MODO DNC (CONTORL NUMERICO DIRECTO)
M38	APERTURA AUTOMATICA DE PUERTA
M39	CIERRE AUTOMATICO DE PUERTA
M98	LLAMADO DE SUBPROGRAMA O SUBRUTINA
M99	FIN DE SUBRUTINA O SUBPROGRAMA
M30	FIN DE PROGRAMA PRINCIPAL

Funciones principales (códigos “G”)

G00	POSICIONAMIENTO RAPIDO DE LOS EJES X y Y
G01	MOV. DE HTA CON CORTE Y AVANCE CONTROLADO
G02	INTERPOLACION CIRCULAR CON SENTIDO HORARIO
G03	INTERPOLACION CIRCULAR CON SENTIDO ANTIHORARIO
G20	PROGRAMACION EN SISTEMA INGLES
G21	PROGRAMACION EN SISTEMA METRICO
G28	REGRESO A “HOME”
G40	CANCELACION DEL DIAMETRO DEL CORTADOR
G41	COMPENSACION DE DEL DIAMETRO DEL CORTADOR A LA IZQUIERDA DE LA TRAYECTORIA
G42	COMPENSACION DEL DIAMETRO DEL CORTADOR A LA DERECHA DE LA TRAYECTORIA
G43	COMPENSACION DE LA LONGITUD DE LA HERRAMIENTA
G49	CANCELACION DE LA COMPENSACION DE LA LONGITUD DE LA HERRAMIENTA
G80	CANCELACION DE LOS CICLOS AUTOMATICOS
G81	CICLO AUTOMATICO DE BARRENADO (BARRENOS DE CENTRO)
G83	CICLO AUTOMATICO DE BARRENADO (BARRENOS PROFUNDOS))
G84	CICLO AUTOMATICO PARA MACHUELEAR
G90	PROGRAMACION EN SISTEMA ABSOLUTO
G91	PROGRAMACION EN SISTEMA INCREMENTAL
G92	PROGRAMACION DE CERP PROGRAMA (SOLO MAQ CNC)
G94	PROGRAMACION DEL AVANCE EN (mm/min, p/jg/min)
G95	PROGRAMACION DEL AVANCE EN (mm/rev plg/mm)
G99	REGRESO A PUNTO EN CICLOS AUTOMATICOS

Características técnicas

Recorrido del eje X=150mm

Recorrido del eje y=100mm

Recorrido del eje Z=80mm

Potencia del husillo=3HP

Velocidad periférica= 30 A 5000RPM

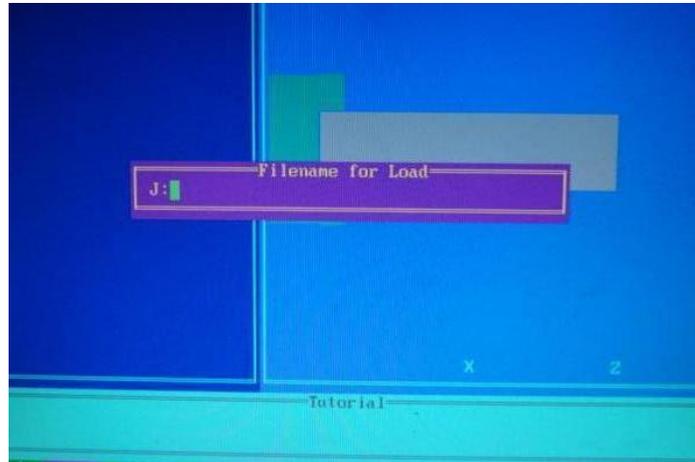
Numero de estaciones= 6 herramientas.



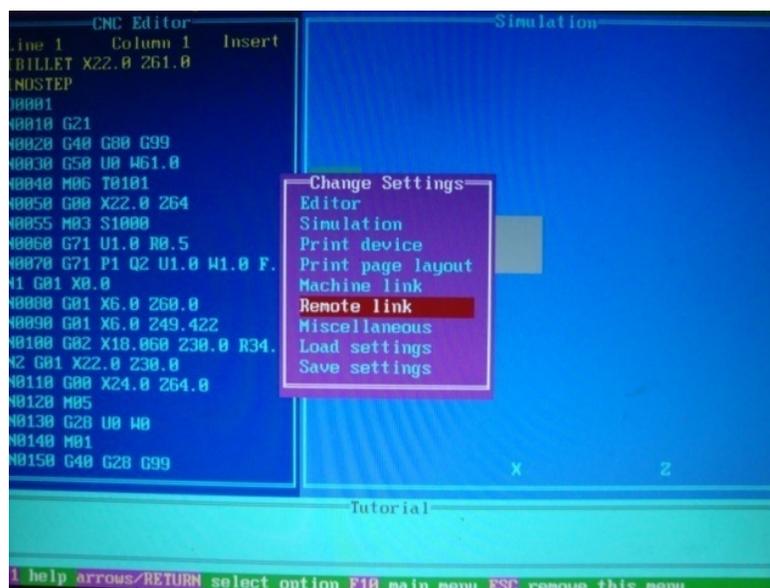
Centro de
maquinado de
tres ejes modelo
TRIAC MARCA
DENFORD,
CONTROL
FANUC

6.7 Procedimiento para enviar programas desde el simulador a la maquina

- Se ejecuta el simulador denford V1.42 (para el caso de torno) y el 1.96 para el caso de fresa
- Ya que se tiene el programa ejecutándose en ambiente MS-dos se carga el archivo FNC desde el disco duro del ordenador u otro disco externo, oprimiendo la tecla **F3** e ingresando la dirección donde se encuentra el archivo o la ubicación del disco y presionando la tecla “enter”



- Después de oprimir la tecla “entrar” despliega una lista de de todos los archivos que se encuentran en el disco donde se ha ingresado
- Se selecciona el programa que se va a enviar a la maquina
- Con la tecla F9 y en la opción “revisar sintaxis” se revisan errores mas comunes
- Eliminamos el renglón con la leyenda “billet” donde se definió las dimensiones de la pieza y solamente dejamos “el puro código”



- Ajuste de parámetros de comunicación de la maquina con la tecla **F10** → **SETTINGS** → **REMOTE LINK** y se verifica que los siguientes parámetros coincidan

DEVICE NAME → **COM1 / COM2**

BAUDRATE → **9600**

PARITY → **EVEN**

DATA BITS → **7**

STOP BITS → **1**

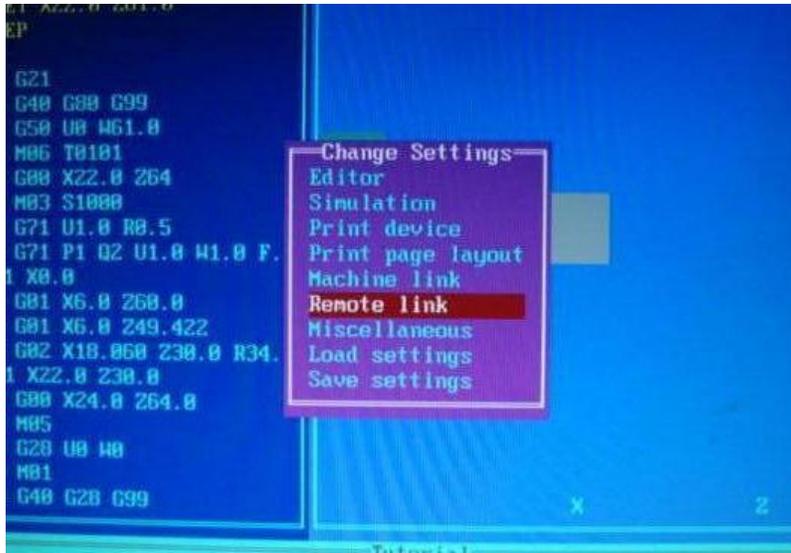
SEND XOFF AT % → **100%**

Procedimiento para enviar programas de la computadora a la maquina (vía cable serial)

- Para llevar a cabo esta comunicación es necesario realizar la conexión mediante un cable serial conectado al puerto RS-232 de la maquina mientras que el otro extremo será conectado a la computadora en el puerto paralelo (impresora con conector 25 pines hembra)
- En el panel de control de la maquina se oprime la tecla **EDIT** → **PROGRAM**, con este modo la maquina estará preparada para teclear el numero de programa a enviar (ejemplo O 0005)
- Desbloquear el seguro de la memoria con la llave especial, en caso de no abrir la memoria no se realizara la transferencia y la pantalla arrojara una alarma
- Oprimir la tecla **INPUT**, al realizar esto la pantalla de la maquina presentara el mensaje **LSK** parpadeando lo cual indicara que la maquina se encuentra lista para la recepción del programa.

Preparación de la computadora

- Para el envío de cualquier programa es necesario contar con el simulador denford o en su caso un software específico para su comunicación.
- Con el simulador denford activado y con el mismo numero de programa a enviar en la computadora oprimir la tecla F10 → seleccionar la opción **MACHINE LINK** → **TRANSMIT TO MACHINE**

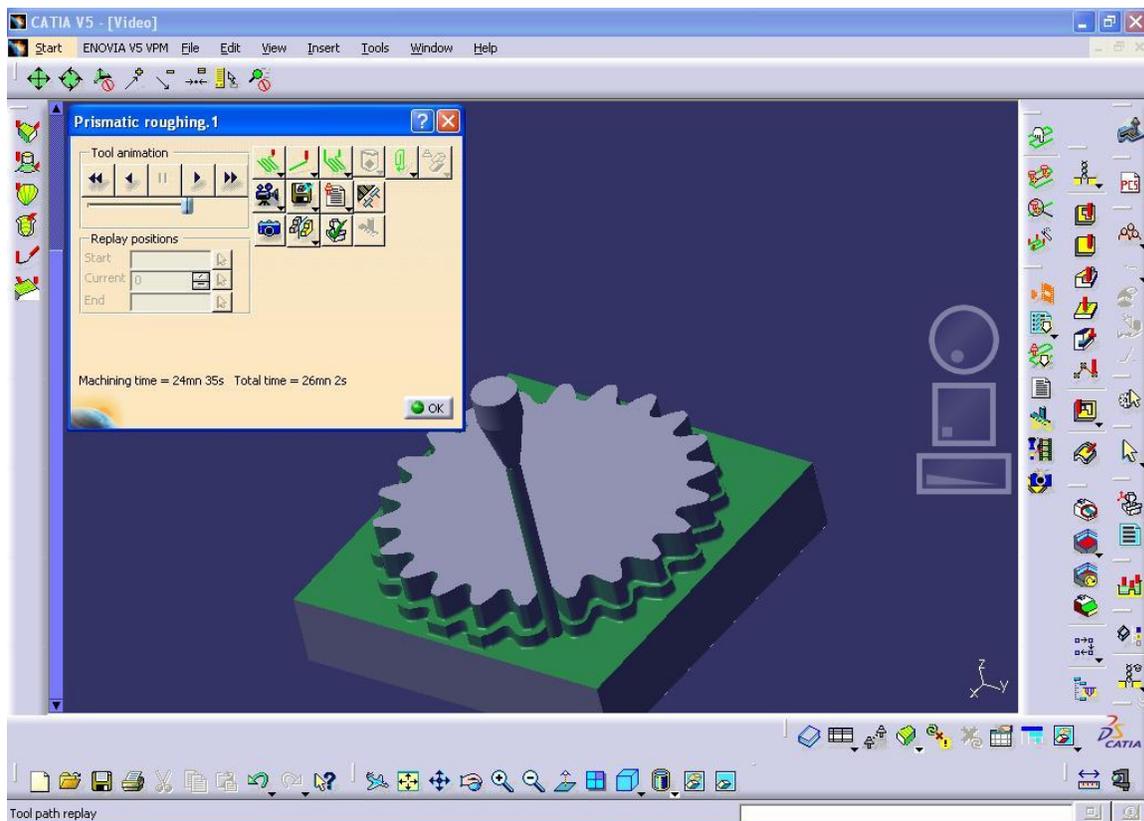


- Teclar “enter” para el envío del programa, en este ultimo punto en la pantalla de la maquina se vera el programa grabando con el mensaje de INPUT parpadeando, mientras que en la computadora aparecerá un mensaje indicando el envío del programa
- Revisar que el programa de la maquina y la computadora sean idénticos

6.8 Mecanizado de engrane 5 N=22 dientes utilizando Catia v5



Ejemplo de maquinado utilizando CAD y CAM para la fabricación de engrane de 22 dientes



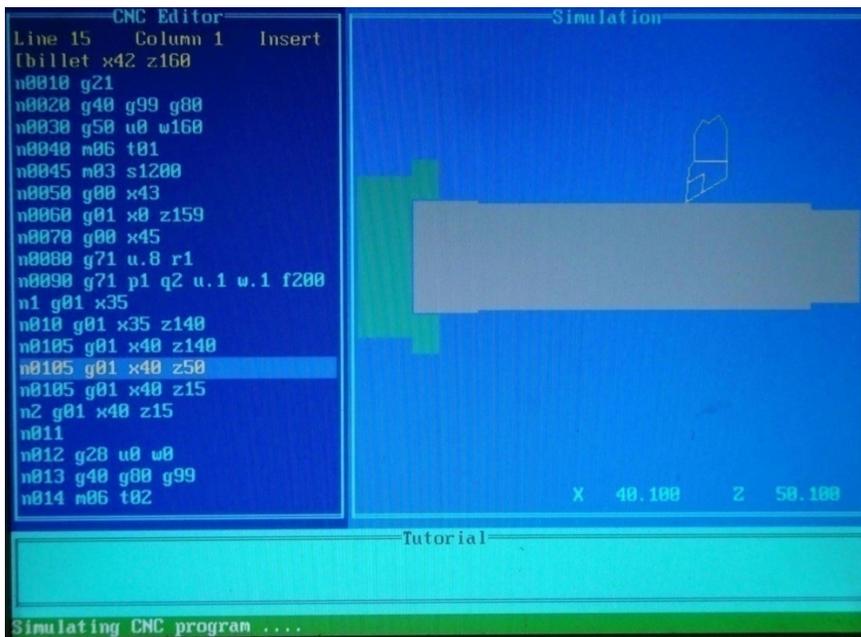
6.9 Ejemplo de programa para generar engrane de 22 dientes en lenguaje fanuc

```
O1000
N1 G80 G90 G40
N2 T0001 M6
N3 X.149 Y-65.6 S70 M3
N4 G43 Z5. H1
N5 G94 G1 Z-5. F300.
N6 Y-60.
N7 X-6.382 F1000.
N8 Y-58.75
N9 Y-57.5
N10 X-6.287 Y-57.414
N11 X-6.067 Y-57.195
N12 X-5.963 Y-57.08
N13 X-4.441 Y-55.213
N14 X-4.245 Y-55.617
N15 X-4.18 Y-55.737
N16 X-4.039 Y-55.969
N17 X-3.964 Y-56.083
N18 X-2.924 Y-57.5
N19 X-6.382
N20 Y-60.
N21 X-60.
N22 Y-43.778
N23 X-58.75
N24 X-57.5
N25 Y-16.244
N26 X-57.123 Y-16.687
N27 X-56.918 Y-16.886
N28 X-56.475 Y-17.241
N29 X-56.236 Y-17.397
N30 X-54.985 Y-18.055
N31 X-54.826 Y-18.128
N32 X-54.5 Y-18.253
N33 X-54.334 Y-18.306
N34 X-52.034 Y-18.897
N35 X-53.561 Y-21.158
N36 X-53.663 Y-21.333
N37 X-53.841 Y-21.693
N38 X-53.918 Y-21.88
N39 X-54.354 Y-23.175
N40 X-54.414 Y-23.419
N41 X-54.493 Y-23.913
N42 X-54.511 Y-24.163
N43 X-54.5 Y-25.212
N44 X-54.474 Y-25.475
N45 X-54.377 Y-25.991
N46 X-54.306 Y-26.245
N47 X-53.735 Y-27.75
N48 X-53.678 Y-27.88
N49 X-53.553 Y-28.135
N50 X-53.484 Y-28.259
```

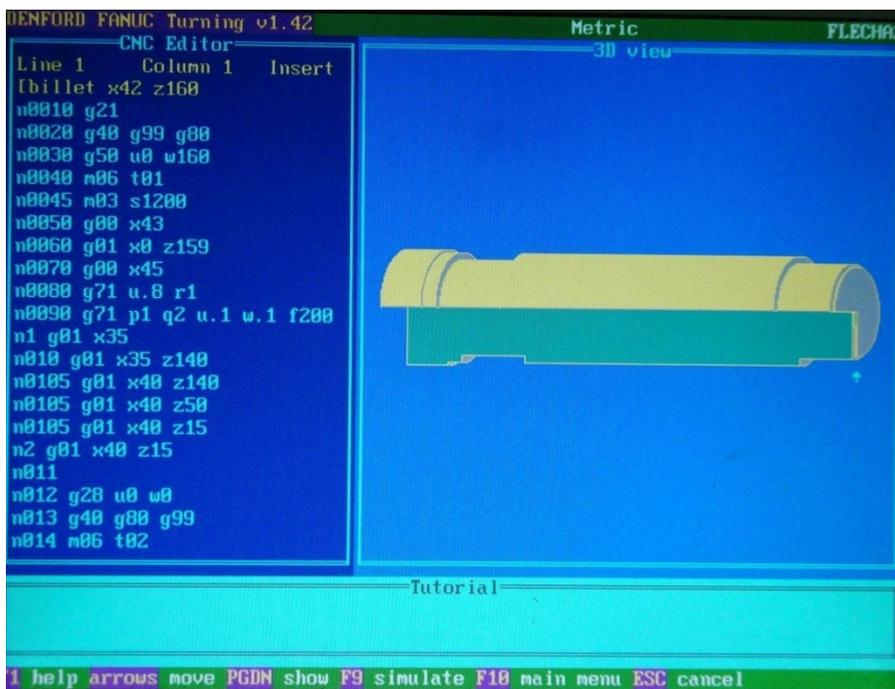
Continúa... hasta el bloque

```
N8351 Z2.2
N8352 M30
```

6.10 Maquinado de piezas en torno CNC utilizando simulador fanuc



Mecanizado de flecha de tren de engranes del reductor de velocidad



Vista en 3d de flecha maquinada

6.11 Ejemplo de programa para torno

```
[billet x42 z160
O0001
n0010 g21
n0020 g40 g99 g80
n0030 g50 u0 w160
n0040 m06 t01
n0045 m03 s1200
n0050 g00 x43
n0060 g01 x0 z159
n0070 g00 x45
n0080 g71 u.8 r1
n0090 g71 p1 q2 u.1 w.1 f200
n1 g01 x35
n010 g01 x35 z140
n0105 g01 x40 z140
n0105 g01 x40 z50
n0105 g01 x40 z15
n2 g01 x40 z15
n011
n012 g28 u0 w0
n013 g40 g80 g99
n014 m06 t02
n015 g00 x45 z160
n016 g70 p1 q2 f10
n017 g00 x45
n018 g28 u0 w0
n019 m06 t03
n020 g00 x45 z40
n021 g01 x39 z40
n022 g00 x40
n023 g01 x37
n024 g00 x40
n025 g01 x37
n026 g00 x40
n027 g01 x35
n028 g01 z20
n029 g00 x45
n030 g28 u0 w0
n031 m30
```

NOTA: El corchete con la instrucción de ([billet x42 z160) solo se utiliza para el simulador e indica las dimensiones de la pieza

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Podemos concluir que tanto el cad (diseño asistido por computadora) como el cam (manufactura asistida por computadora) tiene aplicaciones en prácticamente todas las industrias, y gracias a estas tecnologías se pueden realizar diseños de piezas y prototipos a un menor costo, minimizar tiempos y realizar numerosas pruebas antes de hacer producciones en serie de diversos productos, en este proyecto se realizo un reductor de velocidad para una maquina procesadora de amaranto el cual sus diversas partes se pueden maquinar mediante CNC así demostramos la versatilidad y el amplio campo donde tienen aplicación estas tecnologías

El modelo de la máquina se realizó pensado en las necesidades actuales de los pequeños productores y con la finalidad de reducir tiempos y englobar todos los procesos en una sola maquinaria

Los costos de construcción de la máquina, son bajos, considerando las ganancias y beneficios que tendremos con ella, debido a que los materiales utilizados en el proyecto son económicos y de fácil adquisición en el mercado nacional.

El diseño realizado en el proyecto facilita en un futuro unir el proceso de batido y moldeado con la máquina diseñada, reduciendo tiempos de dosificación en moldes de formas, tamaños y figuras aprovechando energía mecánica.

GLOSARIO

Abrasión: Acción y efecto de raer o desgastar por fricción.

CAD: término que significa diseño asistido por computadora

CAM: término que significa manufactura asistida por computadora

Ergonómica: Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.

Extrusión: Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

Fresa: herramienta de filo multiple que se utiliza para eliminar metal de una pieza de trabajo

Homogenizado: Dicho de una sustancia o de una mezcla de varias: De composición y estructura uniformes

Modulo: es la relación que existe entre el diámetro primitivo y el número de dientes.

Maquinabilidad: propiedad que presentan los metales y sus aleaciones para ser cambiados de formas mediante maquinas-herramienta.

Maquinado o mecanizado: proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material

Pulvimetalurgia: proceso de fabricación que, partiendo de polvos finos y tras su compactación para darles una forma determinada

Punto de fusión: temperatura a la cual un materia pasa de estado solido a estado liquido

Viscosidad: Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas

Bibliografía

Diseño de maquinas Robert L. Norton

Procesos de Manufactura versión SI B.H. Amsted

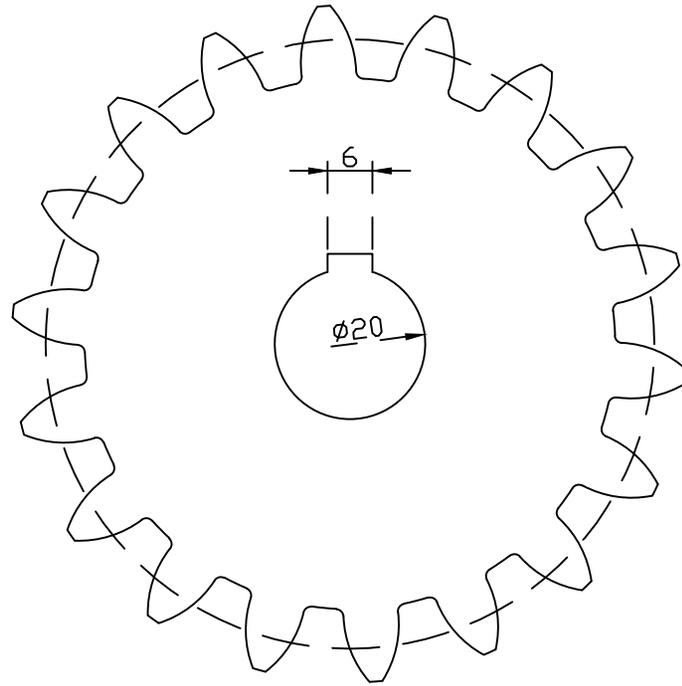
Mecanismos y dinámica de maquinaria Hamilton H. Mabie

Mecánica de materiales R.C Hibbeler

Ciencia e ingeniería de los materiales Donald R. Askeland

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/

ANEXOS



N=18
M=4.5
 $\phi_{int}=70.588$

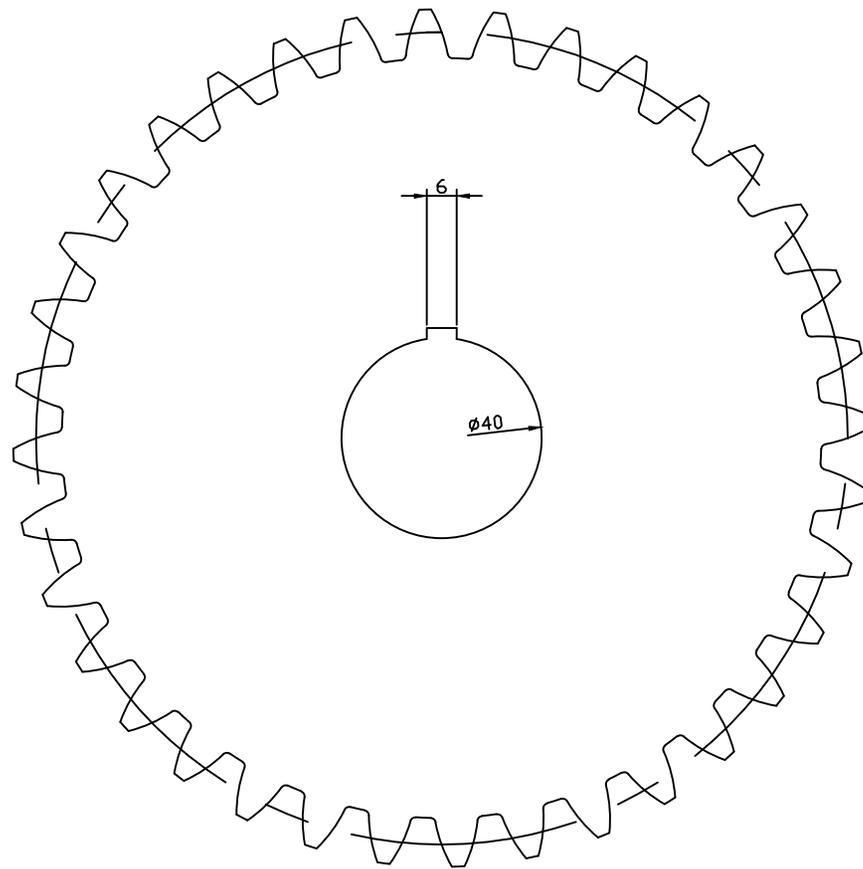
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1.5:1

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT. MM

IPN ENGRANE N°1

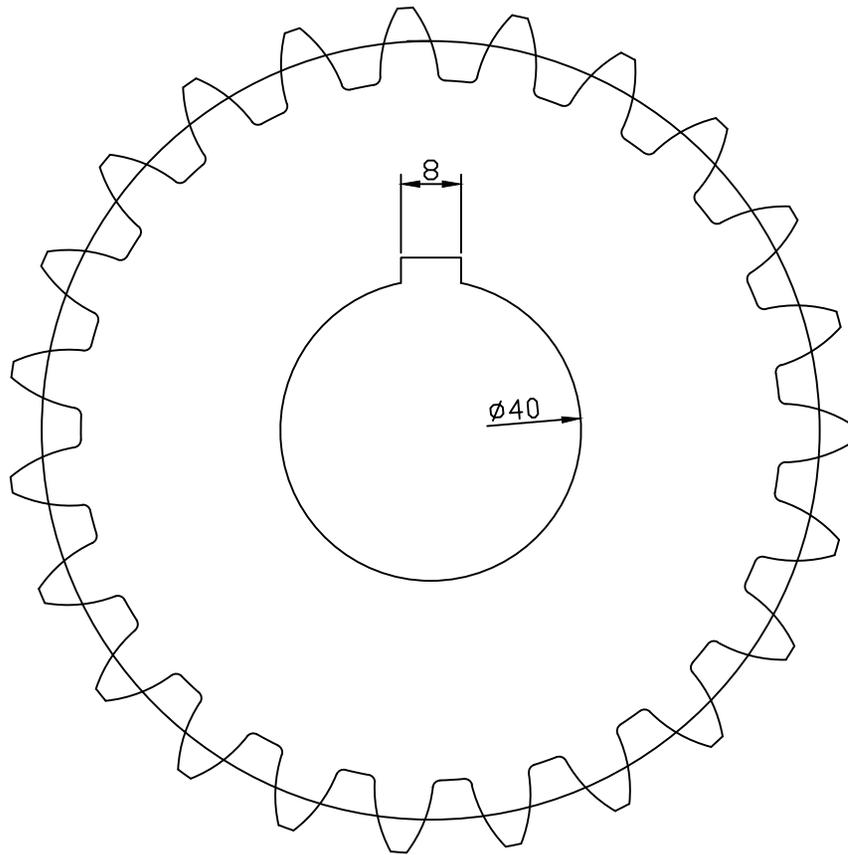


N= 36
M=4.5
 $\varnothing_{int}=151.586$

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1:1.5 SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM ACDT : MM

IPN ENGRANE N°2



N=23
P=4.5
 $\phi_{int}=93.086$

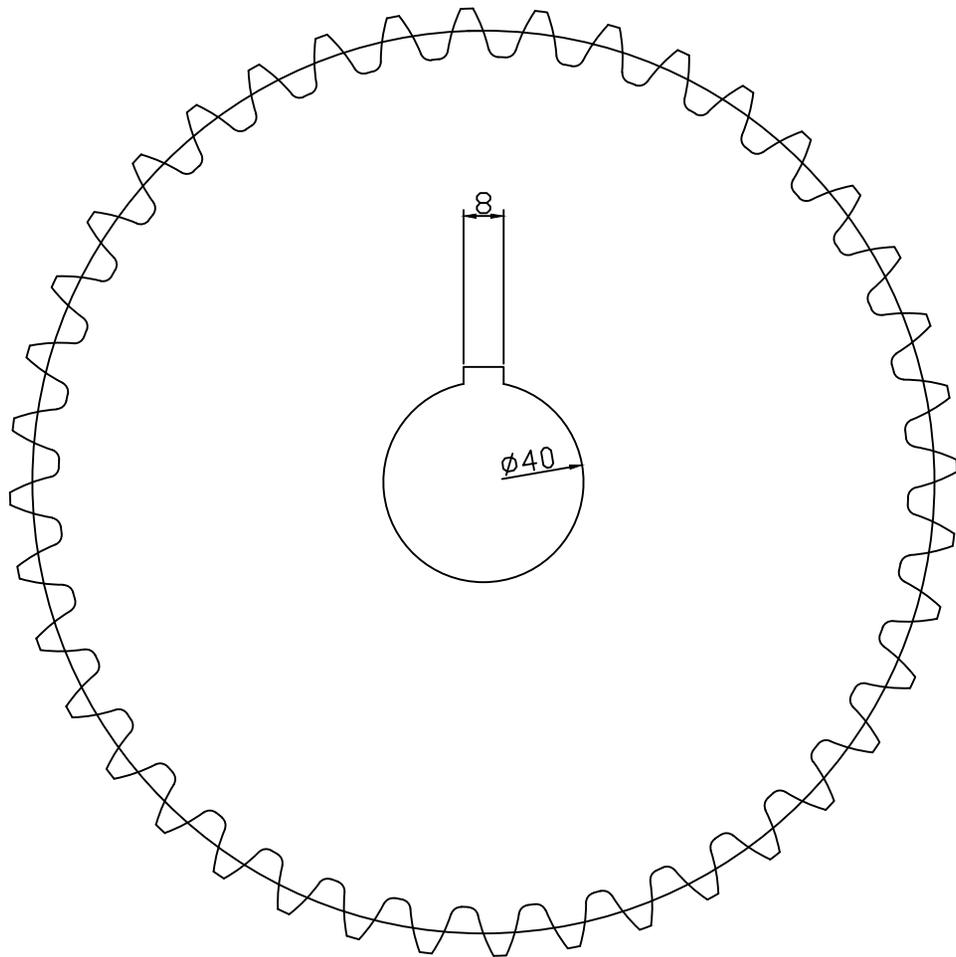
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1:1

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN ENGRANE N°3



$N=40$

$P=4.5$

$\phi_{int}=169.586$

$\phi 40$

8

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

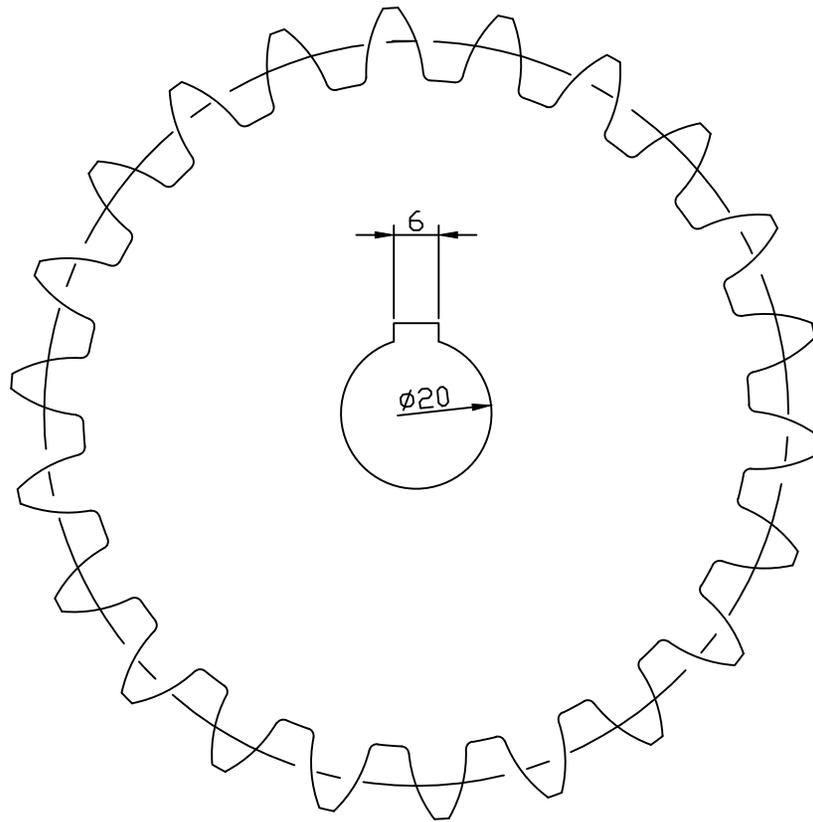
ESC:

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN ENGRANE N° 4

N=22
M=4.5
 $\varnothing_{int}=88.586$



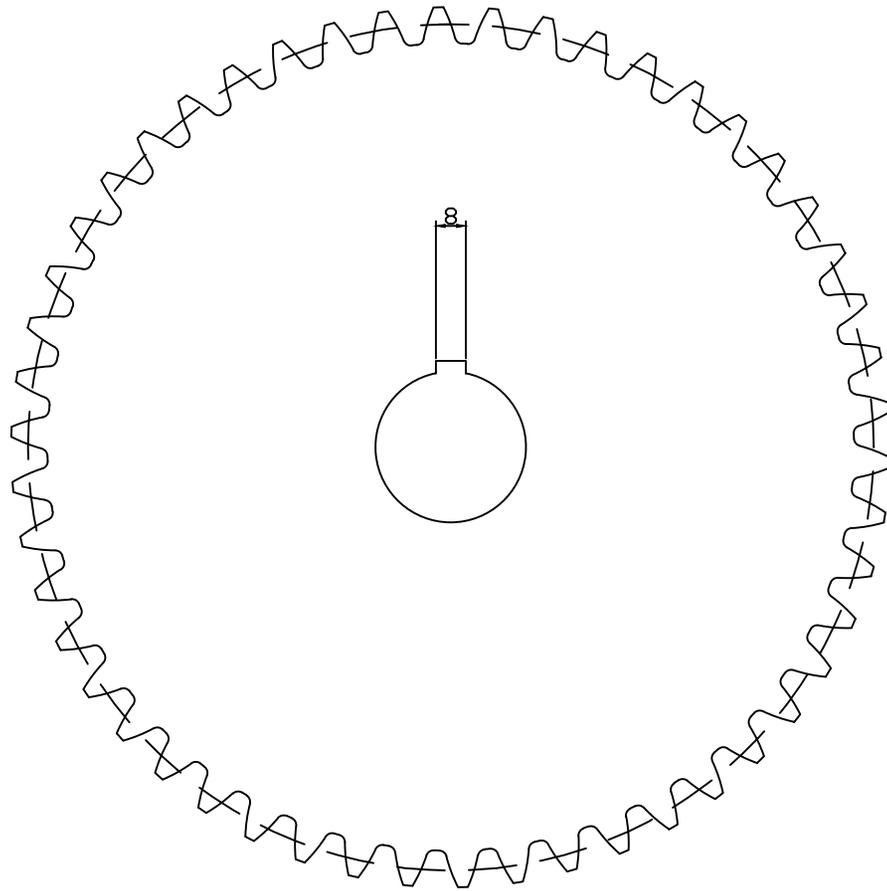
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1:1

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN ENGRANE N°5



N=50
M=4.5
 $\varnothing_{int}=$
214.586

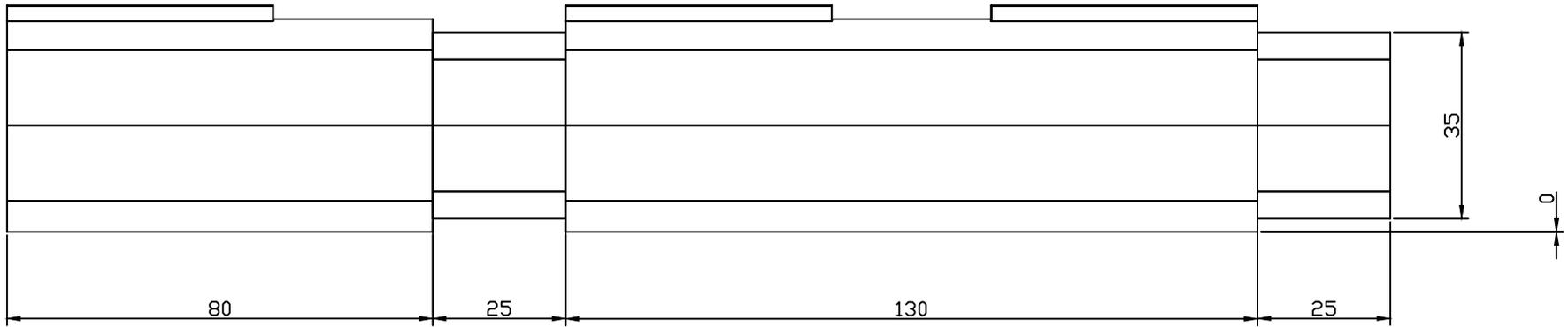
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1:2

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN ENGRANE N°6



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

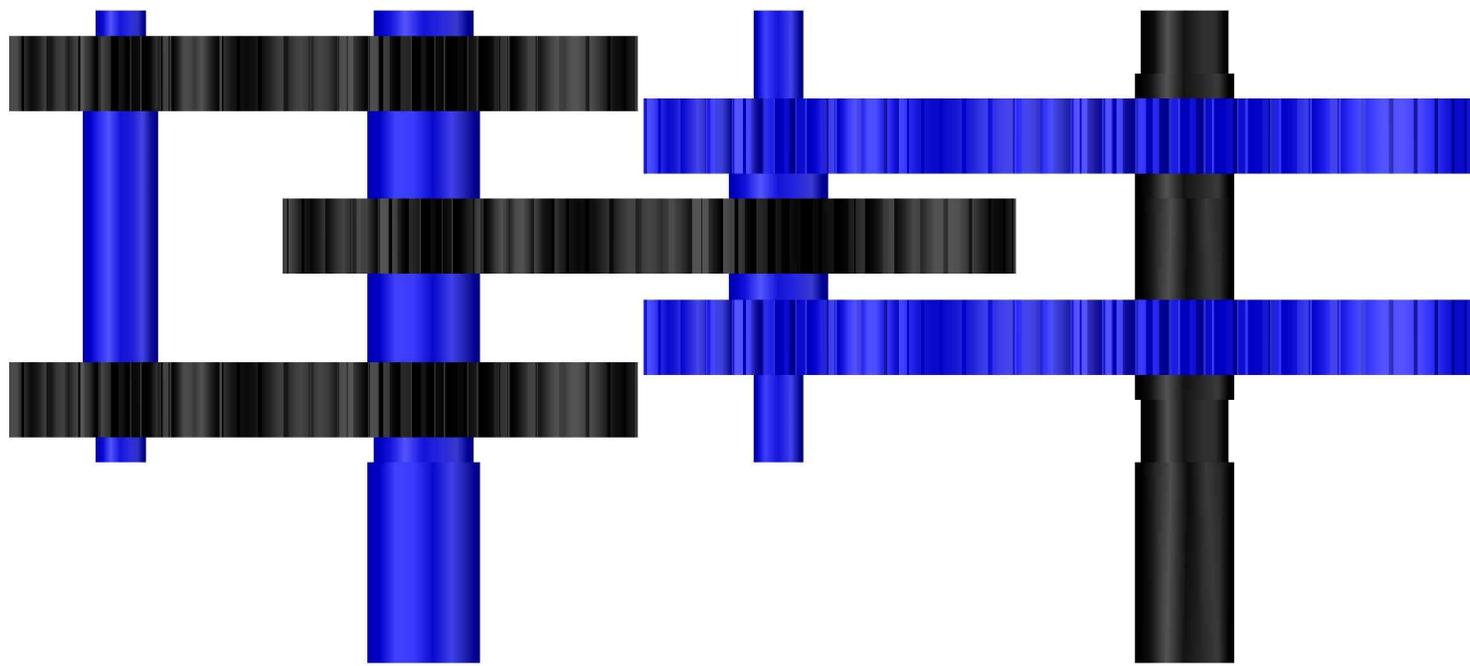
ESC: .8:1

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN

FLECHA



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

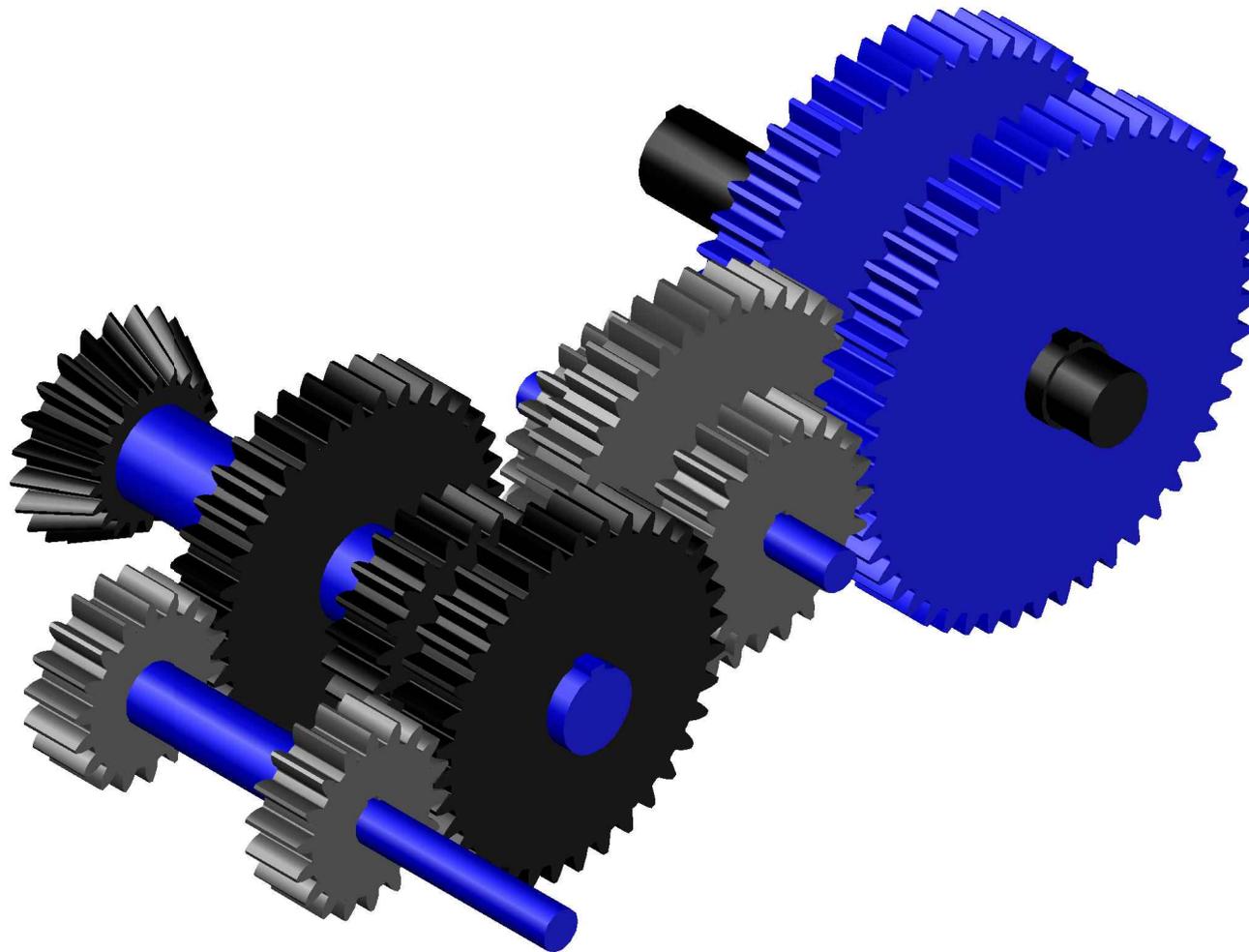
ESC:

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN

TREN DE ENGRANES



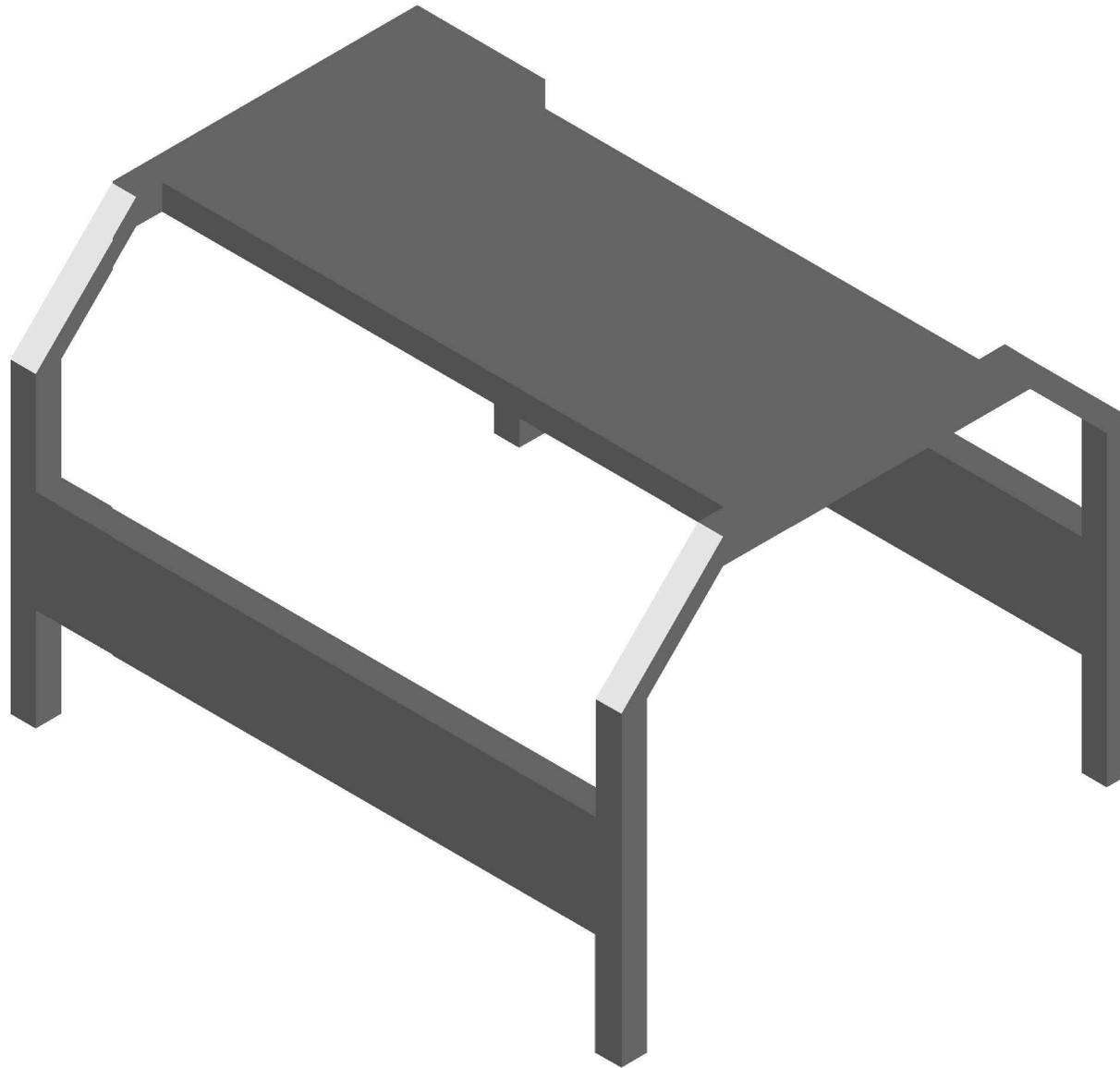
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: 1:3

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN VISTA ISOMETRICA



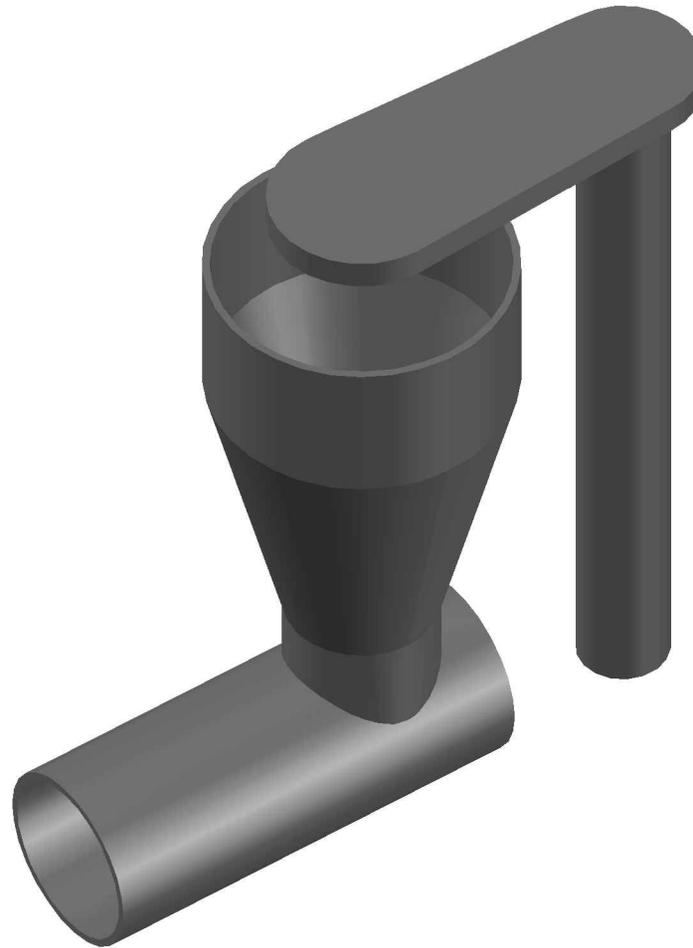
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC:

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN ESTRUCTURA



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ESC: S/E

SEMINARIO SISTEMAS CAD CAM

ACOT : MM

IPN

TOLVA