

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**FABRICACIÓN DE PIEZAS EN MAQUINAS
HERRAMIENTAS CONVENCIONALES Y CNC**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECANICO**

VICTOR MANUEL LOPEZ CASTILLO

PROMOCION 97-II

LIMA – PERÚ

2006

DEDICATORIA

A mi Madre, por su dedicación

A Teofilo y Cristina Fiege, mis Padres Adoptivos

A mi esposa Ana, a mis Hijos Ana y Manuel,

por su cariño y apoyo

INDICE

PROLOGO

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO 2

2. PROCESO DE MECANIZADO 3

2.1. MAQUINAS HERRAMIENTAS 5

2.1.1 TORNO 7

2.1.1.2 SISTEMAS EMPLEADOS 9

2.1.1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DEL CABEZAL 11

2.1.1.4 PARTES DE UN TORNO PARALELO MODERNO 20

2.1.2 FRESADORA 22

2.1.2.1 PROCESO DEL FRESADO 25

2.1.2.2 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO e
DE FRESADO 26

2.1.2.3 DIVISION DE LAS FRESADORAS 29

2.1.2.4 PARTES FUNDAMENTALES DE LA FRESADORA 29

2.1.2.2 HERRAMIENTAS DE CORTE 38

2.1.2.1 VIDA DE LAS HERRAMIENTAS 38

2.1.2.2	DESGASTE DE LAS HERRAMIENTAS	41
2.1.2.3	HERRAMIENTAS PARA MECANIZAR	43
2.1.2.4	ACCION DE CUÑA AL MECANIZAR	46
2.1.2.5	ANGULOS EN FILO DE LAS HERRAMIENTAS	48
2.1.2.5.1	ANGULOS DE FILO	52
2.1.2.5.2	ANGULOS DE ATAQUE	53
2.1.2.5.3	ANGULO DE INCIDENCIA	54
2.3.	MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS	54
2.3.1	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE HERRAMIENTAS	54
2.3.2	CLASES DE MATERIALES PARA LAS HERRA- MIENTAS	55
 CAPITULO 3		
3.	TIEMPO DE MECANIZADO	70
3.1	TEORIA DE TAYLOR	
3.1.1	ECUACION DE TAYLOR PARA LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS	70
3.1.1.1	CRITERIOS PARA LA VIDA DE LA HERRAMIENTA EN PRODUCCIÓN	73
3.1.1.2	TEORIA DE TAYLOR GENERALIZADA	74
3.1.2.1	VELOCIDAD DE CORTE	75
3.1.1.3	TEORIA DE TAYLOR (1907)	75

3.1.1.4	ECUACION DE TAYLOR GENERALIZADA	77
3.1.1.4.1	INFLUENCIA DEL DESGASTE VB DE LA CARA DE INCIDENCIA	81
3.1.1.4.2	INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA VI— RUTA	83
3.1.2	TEORIA DE KRONNERBERG	87
CAPITULO 4		
4.	ENFOQUE DE PROGRAMACION	92
4.1	RESEÑA HISTORICA DE LAS MAQUINAS HERRAMIEN— TAS CNC	94
4.1.2	PROCESO MECANIZADO CNC	96
4.1.3	ESTRUCTURA DE UNA MAQUINA HERRAMIENTA CNC	99
4.1.4	CONDICIONES TECNOLÓGICAS	102
4.1.5	FABRICACION CON MAQUINAS HERRAMIENTAS Y CNC	103
4.1.6	FUNCIONES DE PROGRAMACIÓN	104
4.1.7	COMPONENTES DE UNA MAQUINA CNC	104
4.1.8	EJECUCION DE PROGRAMAS	107
4.1.8.1	CONSIDERACIONES PARA LA PREPA RACION DE UNA MAQUINA HERRAMIENTA CON CONTRL NUMERICO	104

4.1.9	INSPECCIONES DE CONTROL	108
4.1.10	MAQUINAS HERRAMIENTAS CONTROL NUMERICO	109
4.1.11	PRESENTACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL NUMERICO	110
4.1.12	ELECCION DE UNA MAQUINA	110
4.1.13	VENTAJAS DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMERICO	111
4.1.13.1	AUTOMATIZACION COMO UNA ALTERNATIVA	111
4.1.14	CARACTERISTICAS DEL CNC	112
4.1.15	DESVENTAJAS DEL CNC	114
4.1.16	FACTOR HUMANO Y LAS MAQUINAS CNC	114
4.2	PROCESO DE PROGRAMACIÓN EN MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC	
4.2.1	CAD	116
4.2.2	CAM	119
4.2.2.1	NIVELES DEL CAM	122
4.2.3	DIAGRAMA DE FASES DE PROCESO	126
4.2.4	TORNO CNC	127
4.2.5	FRESADORA CNC	128
4.2.6	INSTRUCCIONES A LA MAQUINA Y CODIGOS	

DE PROGRAMACIÓN	130
4.2.7 TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA	131
4.2.12 PARTES DE LA FRESADORA CNC	132
CAPITULO 5	
5 PROYECTO DE MECANIZACIÓN	133
5.1 CALCULO DE EJEMPLO 1	134
5.1.1 CALCULO	135
5.1.2 COSTEO DE HERRAMIENTA	135
5.1.3 CALCULO DE TIEMPO DE REPOSICIÓN DE FILO	136
5.1.3.1 CRITERIO DE MÁXIMA ECONOMIA ...	137
5.1.3.2 CALCULO DE TIEMPO Y COSTO	138
5.1.3.3 CRITERIO DE MÁXIMA PRODUCCIÓN	138
5.1.3.4 CALCULO DE TIEMPO Y DE COSTO	140
5.1.3.5 CRITERIO DE PROMEDIO	140
5.1.3.6 CALCULO DE TIEMPO Y COSTO ...	141
5.1.4 PROCESO DE MECANIZADO EMPLEANDO UN SOFTWARE CAM	142
5.1.5 PROGRAMA GENERADO OR EL SOFTWARE CAM	142

CAPITULO 6

6 EVALUACION ECONOMICA	149
6.1 CASO DE APLICACIÓN DE OPTIMIZACION	150
6.2 SOLUCION DEL PROBLEMA APLICANDO EL	
PROGRAMA LINDO	153
6.3 RESULTADO	153
CONCLUSIONES.....	156
BIBLIOGRAFÍA	158
ANEXOS	161

PROLOGO

El presente informe trata de la importancia que tiene la utilización del diseño asistido por CA, CAM, y CNC, en relación con las maquinas convencionales.

Su utilización permite reducir: tiempos, costos y calidad del diseño en la fabricación de piezas.

Se propone su utilización, ya que permite dar calidad a todo lo que se fabrica en nuestro país, frente a lo que se importa.

Este informe es el fruto de años de experiencia en el Diseño y Fabricación de piezas en talleres de metal mecánica.

El presente informe consta de 6 capitulos:

En el capitulo 1, se habla de los criterios que deben tener las empresas de Metal mecánica en el momento actual, utilizando en la fabricación de piezas CAD, CAM y CNC, usando además buenos materiales, logrando así calidad

de piezas y ser más competitivos en el mercado.

En el capítulo 2, se habla de las máquinas herramientas convencionales como: Torno, Fresadora, Herramientas de Corte y materiales que se usan durante la fabricación.

En el capítulo 3, se habla del tiempo de mecanizado, utilizando las teorías de Taylor y de Kronnerberg, para fabricar piezas.

En el capítulo 4, se hace la reseña histórica de las máquinas herramientas en el proceso de mecanizado, utilizando CNC, y se señala las partes más importantes del Torno y la Fresadora en CNC.

En el capítulo 5, se habla del proyecto de mecanización, haciendo cálculos de tiempo y de costo dentro de la producción de piezas, con el programa Generado por Software CAM.

En el capítulo 6, se hace la evaluación económica con aplicación del Programa LINDO y sus resultados.

CAPITULO 1

1..-INTRODUCCION

El presente trabajo esta orientado a analizar los diferentes criterios de tiempos en el mecanizado y en la fabricación de piezas buscando lograr los tiempos reales y costos concretos.

Una gran dificultad que se presenta en las empresas de metal mecánica es que no se aplican técnicas que permitan analizar los tiempos de procesos de mecanizado

Las teorías de Taylor y Kronnenberg, nos permiten tener una visión completa de lo que se debe tomar en cuenta durante la fabricación de piezas, permitiendo tener diferentes criterios de un proceso de fabricación.

En muchas empresas del sector metal mecánico, no existe una adecuada retroalimentación de los procesos de fabricación, a pesar que desde los años sesenta ya existía la tecnología CAD y CAM, que señalan el proceso que debe existir durante la fabricación de piezas , la mayoría de clientes exige que se reduzca los tiempos de entrega

de piezas y esto ha despertado un interés entre los ingenieros y el personal de maestranza.

La mayoría de empresas efectúa sus cotizaciones en función a la experiencia que se tiene fabricando piezas similares y no se utilizan técnicas de optimización para los procesos de planeación los cuales deben de basarse en criterios técnicos de tiempos de mecanizado

La adecuada utilización de materiales, en piezas y herramientas de corte permiten la reducir los tiempos de fabricación con la adecuada aplicación de criterios de mecanizado

El potencial es enorme basta imaginar que se pueda ahorrar el 100 % de tiempo durante el mecanizado de piezas, aplicando criterios de máxima economía durante el mecanizado.

CAPITULO 2

PROCESO DE MECANIZADO

La complejidad de la Tecnología de Fabricación, que abarca la denominada Tecnología Mecánica, es tal que las Normas DIN 8580 y siguientes, que definen los procesos de conformación mecánica, incluyen más de 800 procesos diferentes. Cada uno de ellos puede ser clave para la competitividad en la fabricación de productos.

Los procesos actuales de fabricación en máquinas de control numérico están orientados en la optimización de los procesos operativos de los mismos tanto en diseño mecánico o el uso de una serie de diferentes tipos de materiales de su fabricación pero el enfoque de la planeación han tenido poco desarrollo y que no están orientado a los procesos preparatorios que son influyentes en la planeación de la producción de los mismos.

Las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) nos permiten diseñar objetos en 2D y 3D para luego ser exportados a los softwares de manufactura, el cual nos permita poder fabricarlo gracias; a una herramienta en el procesos de manufactura es el empleo de software manufactura integrada computadora (CAM) los cuales nos pueden brindar una ayuda para los procesos de fabricación en función a los algoritmos propios de cada software aplicados al proceso mismo de fabricación, los mismos no logran considerar los tiempos preparatorios en la fabricación de las piezas.

Las variables mas influyentes en los procesos de fabricación son los tiempos de preparación de máquinas, tiempos de control de dimensiones y variables influyentes en el mismo proceso.

Estos tiempos influyentes no los consideramos en los procesos de planeación de la fabricación. En la actualidad no podemos cuantificar los mismos correctamente.

Los Procesos de Conformado por Eliminación de Material, habitualmente denominados Procesos de Mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante .

Según el método empleado en la eliminación del material, pueden considerarse incluidas dentro de los procesos de mecanizado. Las dos

siguientes categorías de procesos.

Procesos Convencionales. La eliminación de material se realiza fundamentalmente por medios mecánicos. Los procesos de torneado, fresado y taladrado, pertenecen a este grupo.

Procesos No Convencionales. La eliminación de material se debe fundamentalmente a otros medios diferentes de los mecánicos (eléctricos, fisico-químicos, etc.). Procesos pertenecientes a este grupo son la electro- erosión y el fresado químico entre otros.

2.1 MAQUINAS HERRAMIENTAS

Se usa una máquina herramienta para sostener una pieza de trabajo, poner en posición la herramienta de corte con respecto al material que gira para proporcionar la potencia para el proceso de maquinado a la velocidad, avance y profundidad que se ha establecido. El control de la herramienta de corte, en el trabajo que se realiza la máquina herramienta permite fabricar partes con gran precisión y acabado a las tolerancias de 0.001 pulg (0.025 mm) El término maquinas herramientas se aplica a cualquier máquina accionada por fuerza motriz que realice operaciones de maquinado, incluso el esmerilado. El

término se aplica también frecuentemente a máquinas que realizan operaciones de formado de metal y prensado

Las maquinas herramientas usadas tradicionalmente para realizar las tres operaciones de maquinado se identifican en la siguiente tabla

Operación	Máquina herramienta	Definiciones de velocidad, avance y profundidad
Torneado	Torno	La pieza tiene movimiento Rotario continuo La herramienta avanza paralela al eje del trabajo La profundidad de la herramienta en la superficie original del trabajo
Taladrado	Taladro de Pedestal	La pieza se mantiene estacionaria, la herramienta gira y avanza paralelamente a su eje La profundidad o avance lo da corte lo da la herramienta
Fresado	Fresadora	La herramienta tiene movimiento rotatorio continuo. La pieza avanza en dirección perpendicular al eje de la herramienta La profundidad de cortes es la penetración de la herramienta

Las máquinas herramientas convencionales son manejadas usualmente por un trabajador, aunque las máquinas herramienta modernas están frecuentemente diseñadas para realizar sus procesos con un alto grado de automatización. Estas máquinas automáticas operan generalmente bajo una forma de control llamado "Control numérico"

2.1.1 TORNO

Es una máquina herramienta en la cual la pieza que se va a mecanizar tiene un movimiento de rotación alrededor de un eje. En el torno la pieza verifica el movimiento de corte tanto que la herramienta produce el avance y el movimiento de profundidad de pasada. El torno mas corriente es el llamado "Torno Paralelo"

2.1.1.1 PRINCIPALES PARTES DEL TORNO PARALELO

Todo torno tiene las siguientes características:

- 1) **Bancada.-** Es un zócalo de fundición, soportado por uno o más pies, que sirve de apoyo y guía a las demás partes principales del torno

Material y dimensiones.- Se debe contar con buen material y con dimensiones apropiadas y suficientes para soportar las fuerzas que se originan durante el trabajo

2) Forma de Guías.- Son aquellas que sirven para el perfecto asiento y permitir un deslizamiento suave y sin juego del carro y cabezal móvil. Deben estar perfectamente rasqueteadas y rectificadas., las guías planas y trapezoidal .Es corriente que hayan recibido un tratamiento de temple superficial, para resistir el desgaste

3) Escote de la Bancada.- Algunas bancadas llevan delante del cabezal una entalladura (escote) cuya finalidad es torneear la piezas cortas de gran diámetro. Para trabajos normales se cubre este escote con un puente perfectamente ajustado y con un perfil igual al resto de la bancada. Los pasadores cónicos le obligan adoptar la posición correcta por medio de tornillos de ajuste.

Las bancadas con escote tienen el inconveniente que nunca resultan precisas, como las bancadas de una sola pieza (sin escote), por esta razón los talleres cuentan con tornos de varios tamaños

4) Cabezal.- Es una caja fijada al extremo de la bancada por medio de tornillos o bridas, en ella va alojando el eje principal, que es el que proporciona el movimiento de las piezas.

En su interior suele ir alojado un mecanismo para lograr distintas velocidades, que se seleccionan por medio de mando adecuados, desde el exterior

2.1.1.2 SISTEMAS EMPLEADOS

a) Mecanismo con polea y retardo de engranajes.-

Este sistemas se emplea poco, el cono de poleas gira lentamente sobre el eje principal y en la parte posterior lleva una rueda dentada que gira solidario con él

Para obtener las marchas rápidas , se hace un solidario entre el cono de poleas y las ruedas dentadas y se coloca delante de él y enchavetadas al eje principal y esto se logra por medio de un pasador, colocando la correa en cada uno de los escalones y logrando así tantas velocidades distintas como escalones.

Para marchas lentas se retira el pasador , dejando la polea se hace dos ruedas dentadas , con lo que se lleva el cono-polea y la otra enchaveta, el inconveniente es que el cambio de marchas es engorroso, esto se emplea en tornos de pequeña potencia

b) Mecanismos con trenes de engranajes.-

Son varios los sistemas empleados en los cabezales del torno, pero los principales son:

- **Cabezal Monopolea.-** En estos cabezales el movimiento proviene de un eje, movido por una polea única, y las velocidades o marchas se obtienen por desplazamiento de ruedas dentadas
- **Transmisión directa por motor.-** En lugar de recibir el movimiento a través de una polea, lo pueden recibir directamente desde un motor. Para este tipo de montaje es normal colocar un embrague , para evitar el cambio brusco del motor o invertir el sentido de la marcha
- **Caja de Cambios.-** Este dispone de una caja situada en base del torno, desde allí se hace el movimiento hasta el cabezal por medio de correas . Este sistema se presta muy bien para tornos rápidos y de precisión

- **Variador de velocidades.**- Para poder lograr variación

en las velocidades, se usan algunos tornos mecánicos o hidráulicos

2.1.1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DEL CABEZAL

- **LA CAJA**

Suele ser de fundición y de tales dimensiones que pueda alojar los demás elementos , para que durante su funcionamiento no se produzca deformaciones ni vibraciones. Los alojamientos del eje principal deben estar perfectamente alineados con guías de la bancada

- **EL EJE PRINCIPAL**

Es el mecanismo que más esfuerzos realiza durante el trabajo, por tanto debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos para que no haya desviaciones ni vibraciones

Para facilitar el trabajo en barras largas suele ser hueco, en la parte interior, lleva un cono perfectamente rectificado, para poder servir de punto y de apoyo a las piezas que se van a tornear (centro fijo) se debe llevar un sistema para colocar un plato portapiezas , estos ejes deben ser fabricados de acero de alta calidad y tratados adecuadamente.

- **COJINETES O RODAMIENTOS**

Los rodamientos tienen una gran importancia en todos los ejes, ya que de ellos depende el movimiento suave, sin vibraciones y sin pérdida de fuerza, ya que sirve para mantener en posición correcta el trabajo

Si los cojinetes no son de calidad, tiende a producir vibraciones y esto se refleja en la superficie trabajada, donde aparecen rayas sobre el material

- **ENGRANAJES**

Son mecanismos que sirven para conseguir las diversas velocidades, esto se logra con desplazamiento axial de alguno de ellos a través de un eje estriado y por medio de palancas desde el exterior del zócalo.

Los engranajes deben ser de acero templado y rectificado, los dientes van afeitados (rebaje en forma de chaflán) para facilitar el acoplamiento

- **CABEZAL MOVIL**

Llamado impropriamente contrapunta, consta de dos piezas de fundición de las cuales una se desliza sobre la bancada y otra puede moverse transversalmente a frotamiento duro sobre la primera mediante uno o dos tornillos. Ambas pueden fijarse en cualquier punto

de la bancada mediante una tuerca y un tornillo de apriete, que se desliza por la parte inferior de la bancada

La superior tiene un agujero cilíndrico perfectamente paralelo a la bancada y a igual altura que el eje del cabezal, en dicho agujero existe un tornillo de deslizamiento suave que se hace a través de una volante cuyo hueco termina por el extremo en un cono Morse No. 3 y por el otro lado en una tuerca y un tornillo que puede girar mediante una manivela, como este tornillo no puede moverse axialmente al girar el tornillo, el manguito tiene que entrar o salir en su alojamiento.

El manguito puede fijarse en cualquier parte de su recorrido mediante otro tornillo. en el cono Morse puede colocarse una punta semejante a la del cabezal o bien un centro giratorio para soportar piezas entre centro, cuando se tornea entre centros

- **CARROS**

En el tomo la herramienta cortante se fija en el conjunto denominado carro, la herramienta de corte debe acercarse a la pieza para lograr la profundidad y pasadas adecuadas

Las superficies que se pueden obtener , son todas de revoluciones: cilíndricos y conos, llegando al límite de superficie plana

Esto se logra por lo siguiente:

- ❖ Carro principal
 - ❖ Carro Transversal
 - ❖ Carro Orientable
-
- ❖ **Carro Principal.-** Consta de dos partes una que se desliza sobre la bancada y la otra llamada delantal, que esta atornillada a la primera y descienda por la parte anterior a la bancada. El delantal lleva en su parte interna los dispositivos para obtener movimientos automáticos para efectuar operaciones de roscar. Cilindrar y refrentar que consiste en construir pasos de roscas, cilindros y planos

Dispositivos para roscar.- Consiste en una tuerca en dos mitades, cuales por medio de una manivela, pueden aproximarse hasta engranar con el tornillo patrón o eje de roscar.

Dispositivo para cilindrar y refrentar.- El mismo dispositivo empleado para roscar podría servir para cilindrar , pero es diferente ya que al eje de cilindrar va enchavetado un tornillo sin fin que engrana con una rueda a un tren basculante , pudiendo transmitir su movimiento a un piñón que engrana a una cremallera fija en la bancada otro piñón

en el tornillo transversal. El tren basculante puede dejarse en posición neutral.

❖ **Carro transversal.-** El carro principal lleva una guía perpendicular a los de la bancada y sobre ella se desliza un carro o frotamiento suave, pero sin juego, puede moverse a mano para dar la profundidad de pasada o acercar la herramienta a la pieza y lograr así el llama refrentado. Para saber el giro que se da al husillo y con ello apreciar el desplazamiento del carro transversal

❖ **Carro orientable.-** Llamado carro portaherramientas, esta apoyado sobre una pieza llamada plataforma giratoria, que puede girar alrededor de un eje central y fijarse en cualquier posición al carro transversal por medio de cuatro tornillos. Un círculo o limbo graduado indica en cualquier posición el ángulo que el carro portaherramientas forma con la bancada. Esta pieza lleva una guía en forma de cola de milano en que se desliza el carro orientable

- **TORRE PORTAHERRAMIENTAS**

En el carro orientable se fijan las herramientas de trabajo. Los dispositivos empleados para sujetar son muy variados, pueden servir para una sola herramienta o para varias.

La sujeción de una herramienta por simple brida tiene el inconveniente de que es complicado colocar el filo de la herramienta a la altura conveniente, porque se va emplear suplemente calibrados

- **CADENA CINEMTATICA PARA MOVER LOS CARROS**

Ya se ha dicho que la herramienta esta colocada sobre los carros y es solidaria a ellos, por lo tanto su movimiento depende de éstos.

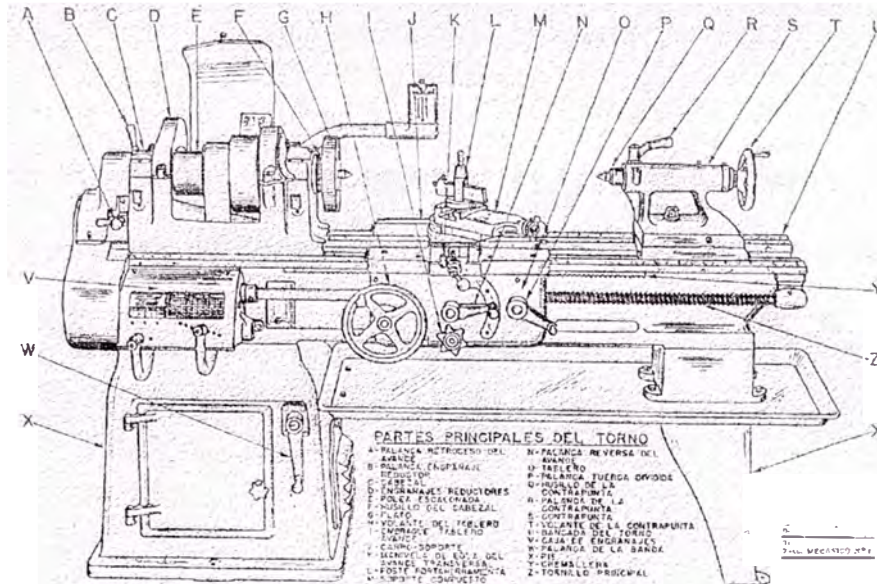
Los movimientos pueden obtenerse de dos maneras:

- A mano
- Automáticamente

El movimiento a mano lleva los carros unos volantes o manivelas de fácil manipulación.

Para el automático es necesario disponer de un sistema de transmisión del movimiento desde el eje principal

- Barras de cilindrar y roscar



En la figura -2-1 Podemos observar un modelo básico de un torno Convencional (paralelo)

Sistema de Inversión.- Puede hacerse por el sistema de embrague de dientes o basculante, sea cual fuere el sistema hay que lograr que el eje de salida, tome el movimiento con las ruedas de recambio, y que gire al mismo número de vueltas que el eje principal

Ruedas de Recambio.- Para transmitir el movimiento desde el último eje del mecanismo de inversión hasta los ejes de cilindrar y roscar o

el eje de salida, tome el movimiento con las ruedas de recambio, y que gire al mismo número de vueltas que el eje principal

Ruedas de Recambio.- Para transmitir el movimiento desde el último eje del mecanismo de inversión hasta los ejes de cilindrar y roscas o hasta la caja de cambios para avances , se emplea el tren de engranaje que tiene diversas ruedas intercambiables

La primera va en el eje de mecanismo de inversión , la última va en el eje de ataque de la caja de cambio para avances, las demás van en unos ejes cortos que se acoplan a la ranuras de una placa especial llamada lira o guitarra

Caja de cambio de avances.- Como el cambio en la tira resulta una operación lenta y engorrosa la mayoría de tornos tienen en la parte anterior a la bancada una caja de cambios más o menos compleja para obtener diversas velocidades a su salida, sin cambiar las ruedas de recambio , uno de los mecanismos más empleados es el de Nortón , por lo que algunos lo llaman Caja de Nortón

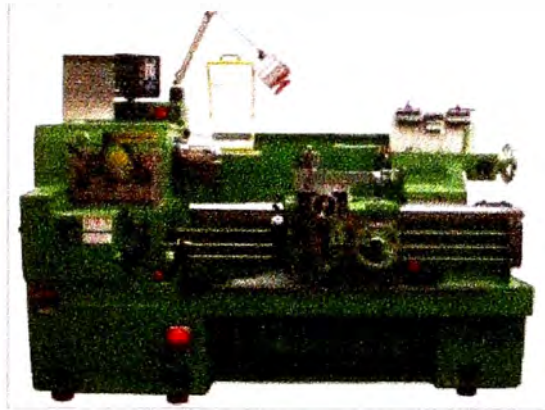


Figura – 2-2 Torno Paralelo

Barras de cilindrar y roscar.- La barra de roscar se encarga de dar el movimiento al eje de roscar o tomillo patrón para la ejecución de las roscas.

El eje de cilindrar recibe el movimiento en la misma caja de avances, en una barra cilíndrica, con una ranura o chavetero, en toda su longitud que es la que se encarga hacer girar al tomillo sin fin del mecanismo para cilindrar y refrentar.

2.1.1.4 PARTES DE UN TORNO PARALELO MODERNO

- Motor eléctrico
- Caja de velocidades
- Polea de motor
- Cabezal fijo
- Eje Principal
- Tren de engranajes
- Caja de roscar y avances
- Barra de cilindrar
- Husillo de roscar
- Cremallera
- Cuerpo del Carro
- Carro Longitudinal
- Carro Transversal
- Carro portaherramientas
- Torreta
- Cabezal móvil

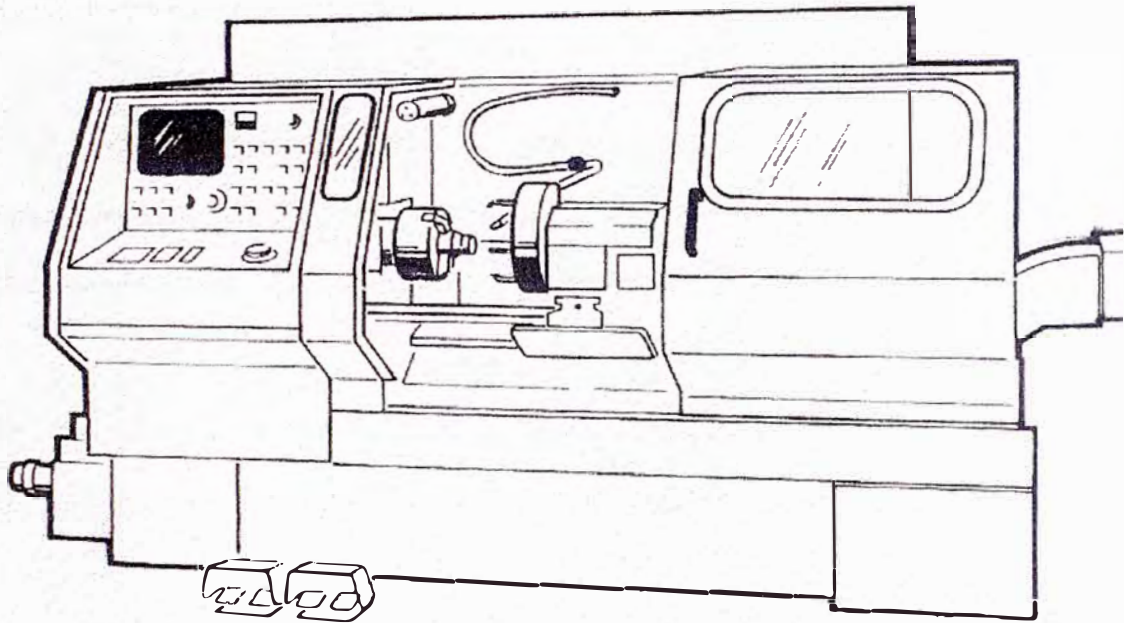


FIGURA 2-3 Tomo CNC TND 360

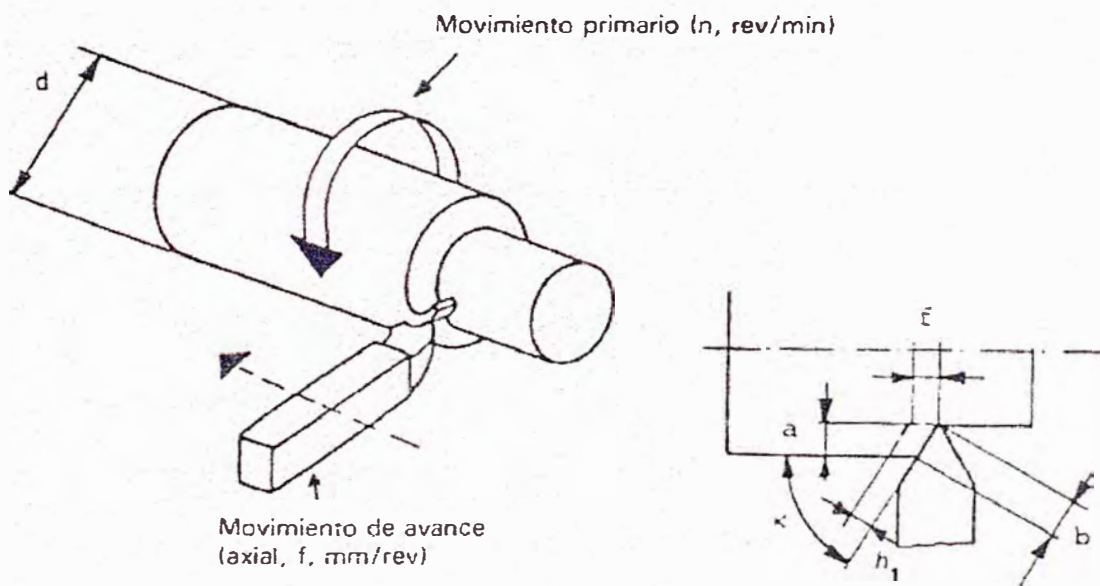


FIGURA 2-4 Cilindrado con cuchilla HSS

2.1.2 FRESADORA.-

Son aquellas destinadas a realizar una gran diversidad de operaciones , empezando con el tratamiento de superficies planas y terminando con operaciones de perfilado

El fresado es un procedimiento para trabajar los metales, con ayuda de un instrumento de múltiples dientes cortantes (fresas)

La fresa es un cuerpo de revolución cuyas superficies laterales o frontales llevan una serie de dientes cortantes estas pueden fabricarse de acero al carbono rápido o de aleación , o bien pueden ser provistas de aleaciones duras o placas mineral o cerámicas

Según su destino las fresas se dividen en:

- **Fresas Cilíndricas y frontales**, se usan para el corte plano o de disco
- **Fresas cilíndricas de vástago**, para ranuras y chiveteros, para perfilar, para fresas superficies perfiladas

Los dientes de las fresas cilíndricas, pueden estar dispuestas paralelamente al eje o inclinadas a él según una línea helicoidal. En el primer caso cada diente corta el material de la pieza en toda su

longitud, debido a lo cual al hacer uso de las fresas de diente recto, se producen tirones que empeoran la calidad de la superficie trabajada, por esta razón las maquinas de fresar trabajan con carga variable.

Las fresas helicoidales, trabajan con mayor suavidad porque sus dientes penetran gradualmente al material que se trabaja.

Las fresas cilíndricas desbastadoras, se fabrican provistas de dientes gruesos y cada uno tiene estrías en filo cortante que fragmenta la viruta.

Los dientes de las fresas frontales, están dispuestos tanto en la superficie del cilindrado como en la parte frontal, debido a lo cual la pieza puede ser trabajada, no solo en la superficie lateral sino también por su parte frontal

Las fresadora frontales, pueden ser de dientes postizos, lo que hace posible economizar el acero más caro. Cuando se rompen los dientes se pueden sustituirlos por otros nuevos.

Las fresas de disco, se usa para fresar ranuras pueden ser de cuatro tipos: para ranuras, de dos o tres filos y regulables, estas fresas, llevan dientes solamente en la superficie cilíndrica.

Las fresas de dos filos, además de los dientes dispuestos en la superficie cilíndrica están provistas de dientes dispuestos en la superficie cilíndrica y provistos de dientes en una de sus caras. Las fresas de tres filos llevan dientes tanto en ambas caras como en la superficie cilíndrica.

Las fresas angulares de uno o dos ángulos, se emplean para tallar estrías, fabricar escariadores, fresas, barrenas, machos de roscar

Las fresas perfiladas, se emplean para trabajar superficies perfiladas y salientes, sus dientes son de una configuración adecuada al perfil de la superficie que se trabaja

Las fresas de disco de módulo, se usan para trabajos especiales como: ruedas dentadas.

Las fresas cilíndricas de vástago, funcionan con procedimiento a copiar y las fresas de tornillo se emplean en las fresadoras para tallar engranajes y trabajan por el principio del rodamiento



Figura 2-5 Fresadora Universal

2.1.2.1. PROCESO DEL FRESADO

Se distinguen dos esquemas de corte:

- **Fresado en sentido contrario al avance** (la fresa gira en sentido contrario al avance)
- **Fresado en favor de la dirección del avance** (cuando la fresa coincide con la dirección del avance)

2.1.2.2. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE FRESADO

Se considera lo siguiente

- Profundidad y ancho del fresado
- Avance
- Espesor de la capa que se corta
- Velocidad y fuerza del corte
- Potencia consumida
- Tiempo de máquina fundamental

Profundidad y ancho del fresado.- Es el espesor de la capa de metal que se corta en una pasada por un diente de la fresa. Se entiende por ancho la superficie que se trabaja. En este proceso se distinguen las siguientes etapas:

- El avance por cada diente
- El avance para una vuelta
- El avance por minuto

Todas se encuentran enlazadas entre sí

La fresa girando arranca una capa de metal en forma de coma, el espesor de la capa que se corta crece gradualmente, alcanzando el valor en el momento que el diente de la fresa sale del metal y se hace igual al producto, luego que se corta por el diente da el ancho del fresado y el espesor de la capa.

La sección de la capa es una magnitud variable que se hace mínima en el instante en que el diente penetra en el material y máxima cuando el diente sale de éste

Según la profundidad de fresado y el número de dientes que lleva la fresa pueden entrar en acción simultánea uno o varios dientes de la misma.

El total de la capa que se arranca por la fresa en un momento dado resulta igual a la suma de las secciones de las capas que son arrancadas por tres dientes.

La potencia de corte consumida en el fresado es igual al producto del momento de torsión por el número de revoluciones por minuto de la fresa

La velocidad de corte en el fresado se elige según el material a trabajar, la calidad del material de la fresa, diámetro de ésta,

profundidad de corte, ancho del fresado, avance correspondiente a cada diente de la fresa

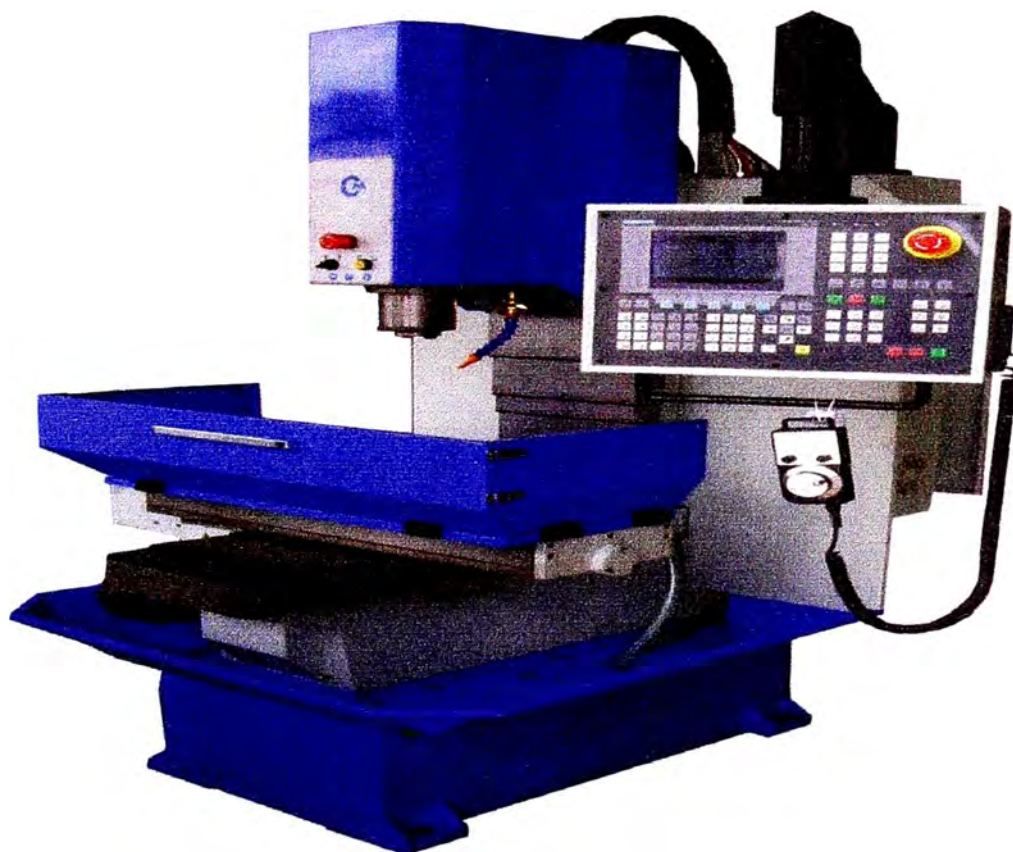


Figura 2-6 Fresadora CNC SM 280 (SIEMENS)

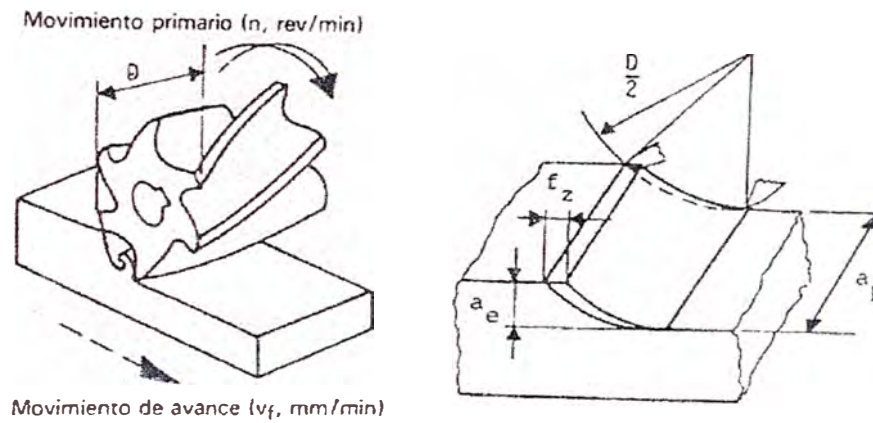


Figura 2-7 Movimiento de la Fresadora

2.1.2.3 DIVISION DE LAS FRESADORAS

- ✓ Horizontales
- ✓ Verticales
- ✓ Longitudinales
- ✓ Circulares
- ✓ Fresadoras a tambor

2.1.2.4 PARTES FUNDAMENTALES DE LA FRESADORA

- Bancada
- Cartelera
- Carro de mesa
- Soporte

- Lado posterior de la bancada
- Sujeción de brida
- Kw de potencia
- Caja de velocidades
- Motor Eléctrico
- Sujeción de brida
- Caja de avances
- Cartelera en plano vertical
- Carro superior de la mesa
- Carro transversal

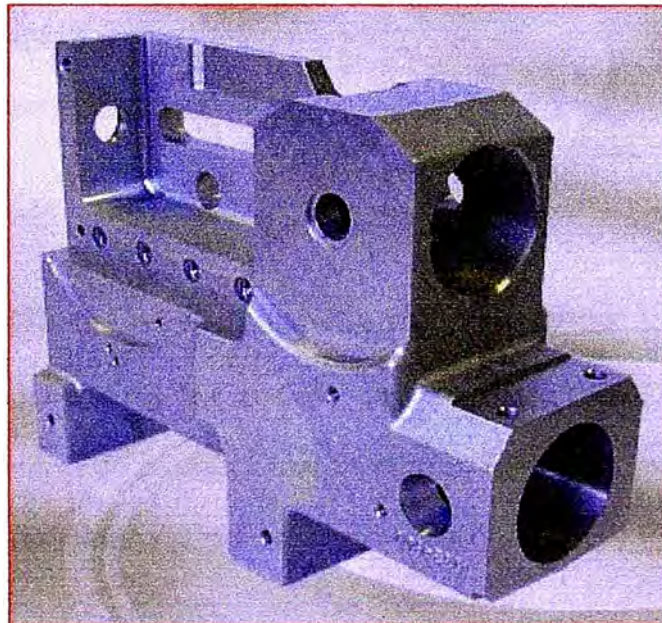


Figura -2-8 PIEZA FABRICADA EN LA
FRESADORA

El mecanizado de piezas esbeltas con torno puede demandar el uso de un elemento de apoyo en el extremo libre de la pieza conocido como contrapunto.

Este elemento incorpora dos funciones adicionales en la programación CN:

- Posicionar contrapunto
- Aproximar o retirar contrapunto.

En unión al contrapunto, la estabilización de la pieza de trabajo puede requerir la presencia de la luneta de apoyo lateral. Este mecanismo incorpora las siguientes funciones:

- Abrir luneta .
- Cerrar luneta .
- Posicionado transversal .
- Aproximación / retirada.

En numerosas ocasiones es conveniente equipar las fresadoras con un sistema dual de mesas de trabajo que permite realizar operaciones de transporte y amarre de piezas fuera de la máquina. La colocación de la mesa en la posición de trabajo puede realizarse con funciones CN específicas, así como las paradas y comienzo de los bloques de mecanizado propiamente dichos

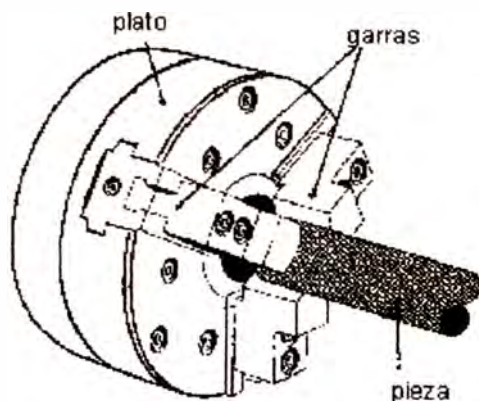


Figura – 2.9
Este tipo de montaje es el básico que se realiza en un torno horizontal

En fresado las presiones de apriete no resultan tan críticas. El aspecto más crítico en la sujeción en estas máquinas es la rapidez de montaje y desmontaje y la precisión en el posicionado de la pieza en la mesa de trabajo.

El sistema de amarre debe permitir una fácil carga y descarga de la pieza de trabajo y garantizar la repetibilidad en la colocación estable y precisa de la misma en el seno de los sistemas de sujeción específicos mediante componentes normalizados y modulares se que utilizan frecuentemente. Estos dispositivos deben permitir el mecanizado completo sin operaciones de montaje y desmontaje

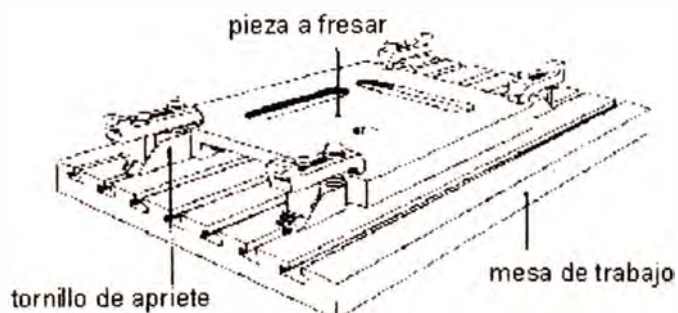


Figura – 2-10
Este tipo de montaje es el básico que se realiza en un fresadora vertical

Los tomos CN y centros de mecanizado de gran producción utilizan cambiadores automáticos de herramientas que pueden albergar un número variable de útiles dependiendo de su diseño.

Los cambiadores de herramientas reciben los nombres de:

- Torreta de herramientas (tomos)
- Carrusel de herramientas (fresadoras / centros de mecanizado)

El cambio de la herramienta se controla por programa CN caracterizándose por un giro de la torreta hasta colocarla en la operación de trabajo

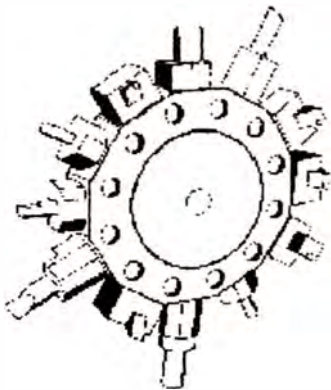


Figura – 2-11
Torreta de cambio de
herramienta de un tomo CNC

En el caso de los carruseles (almacenes) de herramientas, para cambiar la herramienta se emplea un manipulador o garra adicional. La UC de la máquina interrumpe el mecanizado para que el manipulador extraiga del carrusel, que ha girado hasta colocar al útil deseado en la posición de cambio, la nueva herramienta. Simultáneamente la garra opuesta del manipulador extrae la herramienta en uso del cabezal. Un volteo del manipulador coloca la nueva en el cabezal y a la usada en el hueco

(estación) dejado por la primera en el almacén. La operación solo dura segundos

Ejes complementarios Algunas MHCN disponen de mesas giratorias y/o cabezales para cabezales orientables. En ellas la pieza puede ser mecanizada por diferentes planos y ángulos de aproximación. Los ejes sobre los que giran estas mesas y cabezales se controlan de forma independiente y se conocen con el nombre de ejes complementarios de rotación. Su velocidad se regula también de forma autónoma. Los ejes complementarios de rotación se designan en la programación CN como A, B, C.

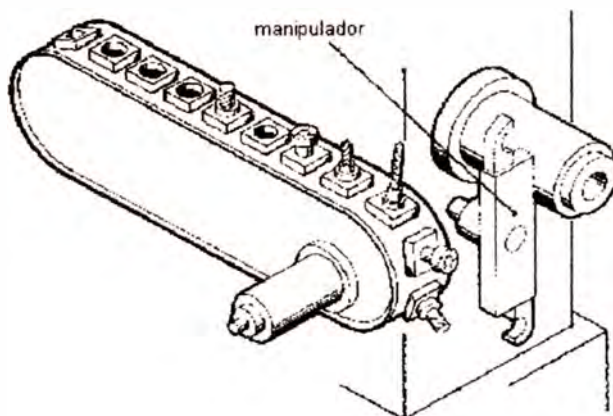


Figura – 2-12
Maqazin de
herramientas de un
fresadora CNC

Debido a las exigencias impuestas por la complejidad de ciertas piezas otras MHCN están dotadas de más de tres ejes de desplazamiento principal. Los centros de mecanizado presentan usualmente en adición a los tres

principales, un cuarto eje para la orientación del cabezal, un quinto para el giro de la mesa y hasta un sexto (W) de aproximación de la herramienta. La trayectoria de la herramienta se define mediante la composición de los desplazamientos en X, Y y Z. En muchos casos el eje W sólo opera cuando el resto de los ejes permanecen fijos y se usa para trabajos menores de taladrado en cualquier dirección. Los ejes complementarios de desplazamiento se designan en la programación CN como U, V, W. Mesa giratoria y cabezal basculante Centro de mecanizado de 6 ejes Herramientas en MHCN Una herramienta completa de MHCN presenta generalmente las siguientes partes

Acoplamiento portaherramientas (cuerpo, mango o porta plaquita) punta herramienta (plaquita) El acoplamiento es el elemento que inserta la herramienta en el seno del cabezal de la MHCN (fresadoras) o en la torreta (tornos).

Herramienta completa de fresado, herramienta completa para torno La morfología de los mangos y de las plaquitas es la responsable de las posibilidades de mecanizado y de los acabados a obtener en las piezas de trabajo. El sistema de montaje entre el portaplaquitas y plaquita puede variar: Los portaplaquitas generalmente se fijan al acoplamiento mediante sujeciones de montaje rápido: roscas, bridas de apriete, pasadores, sistemas de inserción tipo "snap". En algunas ocasiones el portaplaquita y el acoplamiento pueden constituir una única pieza. Las puntas de las herramientas pueden estar unidas al mango permanentemente (soldadas).

Sin embargo es más habitual el uso de sistemas de plaquitas intercambiables que se fijan mediante tornillos, palancas, bridas, etc. Las plaquitas al disponer de varios filos pueden alternar, invertir o cambiar definitivamente cuando sufren cualquier deterioro.

Sistema de plaquitas intercambiables acoplamiento Debido a la gran variedad que existe de herramientas de mecanizado para MHCN los acoplamiento para herramientas, ya sea para su conexión a cabezales o a torretas, siguen ciertos estándares de diseño. Las dimensiones del acoplamiento deben coincidir de forma exacta con las del hueco (en el extremo del cabezal o en la torreta) garantizando rigidez, precisión de posicionado y fácil extracción. En herramientas para fresadoras, y en general para todas las rotativas, se utilizan acoplamiento cónicos estándar (ISO). Este método garantiza la rapidez en el cambio y el autocentrado entre el eje del husillo principal y la herramienta. En torneado los acoplamiento están conformados por bloques roscados estándar con conexión por "snap" u otro sistema al portaherramientas.

Este diseño proporciona a la herramienta un plano de apoyo respecto de la torreta muy estable. Las elevadas velocidades de corte que se recomiendan en el aprovechamiento óptimo de las MHCN hacen necesaria la intervención de refrigerantes que, además, mejoran la lubricación y remoción de la viruta.

Una herramienta completa de MHCN presenta generalmente las siguientes partes:

- acoplamiento
- portaherramientas (cuerpo, mango o porta plaquita)
- punta herramienta (plaquita)

El acoplamiento es el elemento que inserta la herramienta en el seno del cabezal de la MHCN (fresadoras) o en la torreta (tornos)

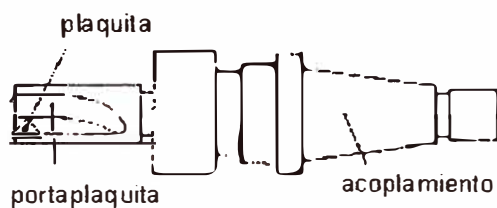


Figura – 2-13
Herramienta básica de fresado

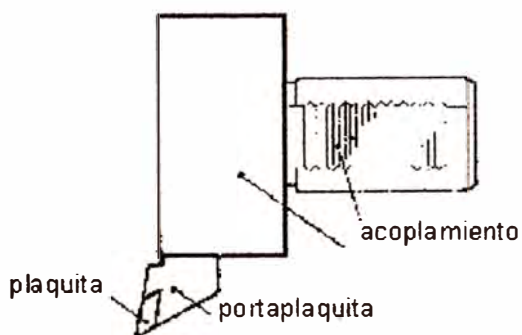


Figura – 2-14
Herramienta básica de torneado

La morfología de los mangos y de las plaquitas es la responsable de las posibilidades de mecanizado y de los acabados a obtener en las piezas de trabajo.

El sistema de montaje entre el portaplaquitas y plaquita puede variar:

- Los portaplaquitas generalmente se fijan al acoplamiento mediante sujeciones de montaje rápido: roscas, bridas de apriete, pasadores, sistemas de inserción tipo "snap". En algunas ocasiones el portaplaquita y el acoplamiento pueden constituir una única pieza.

Las puntas de las herramientas pueden estar unidas al mango permanentemente (soldadas). Sin embargo es más habitual el uso de sistemas de plaquitas intercambiables que se fijan mediante tornillos, palancas, bridas, etc. Las plaquitas al disponer de varios filos pueden alternar, invertir o cambiar definitivamente cuando sufren cualquier deterioro.

2.1.2.2. HERRAMIENTAS DE CORTE

Es el elemento que entra en contacto directo con la pieza y produce la eliminación del material sobrante de la preforma.

Una herramienta consta, en general, de una o varias aristas o filos, materializadas por la intersección de superficies, generalmente planas. Entre estas superficies, resultan de mayor interés la denominada cara de incidencia, aquella que queda enfrentada a la superficie mecanizada de la pieza y la cara de desprendimiento, aquella por la que se

desprende el material eliminado o viruta. Las aristas se denominan aristas o filos de corte.

La tipología existente de herramientas es muy amplia, ya que depende, entre otras, de la operación a realizar y condiciones de la misma, de la máquina-herramienta en el que se desarrolla dicha operación y de las propiedades que se pretenden conseguir en la pieza una vez finalizado el proceso. En función del número de aristas de corte es frecuente considerar una primera clasificación de herramientas en herramientas monofilo, tales y como las empleadas en operaciones de torno, y herramientas multifilo, tales y como las empleadas en operaciones de fresado. La herramienta se completa con una parte no activa que permite su fijación a los elementos de sujeción de la máquina-herramienta.

Según su construcción pueden considerarse herramientas enterizas, cuando toda la herramienta es del mismo material y herramientas de plaquitas cuando la parte activa y el resto de la herramienta son de materiales diferentes. Se denominan de esta forma porque la parte activa suele tener forma de pequeñas placas que se unen al mango o al cuerpo de la herramienta mediante soldadura o medios de fijación mecánica (tornillos, bridas, etc.).

Las operaciones de maquinado se realizan usando herramientas de corte. Las altas fuerzas y temperaturas durante el maquinado crean un ambiente muy agresivo para la herramienta.

Las fuerzas de corte se eleva demasiado, el material de la herramienta se ablanda y falla. Y si ninguna de estas condiciones ocasionan falla de la herramienta, de cualquier manera entra hay una acción continua de desgaste de la herramienta de corte que la conduce finalmente a la falla.

La tecnología de las herramientas de corte tiene dos aspectos principales:

- 1) El material de la herramienta
- 2) La geometría de la herramienta.

La primera se refiere al desarrollo, materiales que puedan soportar las fuerzas, las temperaturas y la acción de desgaste en el proceso de maquinado.

La segunda se ocupa de optimizar la geometría de la herramienta, corte para el material de la herramienta y para una operación dada. Es conveniente empezar considerando la vida de las herramientas ya que ésta es un prerrequisito en la revisión de varios temas sobre los materiales para las herramientas. También se incluye una sección sobre los fluidos para corte al

final de este capítulo, ya que éstos se usan frecuentemente en las operaciones de maquinado para prolongar la vida de las herramientas.

2.1.2.2.1 VIDA DE LAS HERRAMIENTAS

Hay tres posibles de falla en una herramienta de corte en maquinado:

- 1) Falla por fractura.- Este modo ocurre cuando la fuerza de corte se hace excesiva en la punta de la herramienta, causando una falla repentina por fractura.
- 2) Falla por temperatura.- Esta falla ocurre cuando la temperatura de corte es demasiado alta para el material de la herramienta, causando ablandamiento en la punta, deformación plástica y pérdida del filo en el borde.

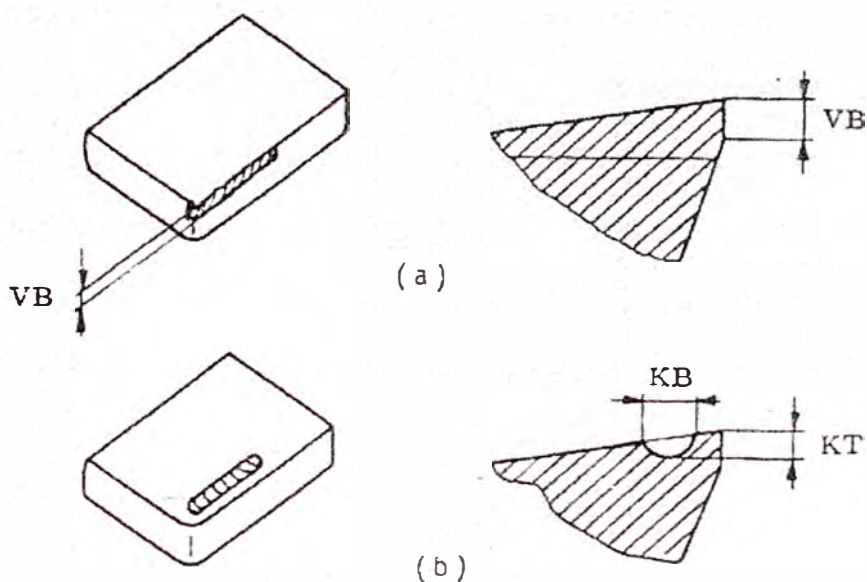


Figura 2-15 Vida de las Herramientas

- 3) Desgaste gradual.-** El desgaste gradual del borde cortante ocasiona pérdida de la forma de la herramienta, reducción en la eficiencia del corte, desgaste acelerado y falla final de la herramienta, a la falla por temperatura.

Las fallas por fractura y temperatura dan como resultado una pérdida prematura de la herramienta de corte. Estas dos formas de falla son por tanto indeseables. De las tres posibles formas de falla es preferible el desgaste gradual, debido a que éste permite una mayor utilización de la herramienta con la ventaja económica asociada a un uso más prolongado.

La calidad del producto también debe considerarse cuando se intenta controlar las formas de falla de la herramienta. La falla repentina de la punta de la herramienta durante un corte causa frecuentemente daños a la superficie del trabajo. Este daño requiere volver a trabajar la superficie o posiblemente desechar la parte. El daño se puede evitar si la selección de las condiciones de corte favorecen el desgaste gradual de la herramienta y evitan la fractura o la falla por temperatura, o si la herramienta se cambia antes de que ocurra una falla catastrófica del borde o filo cortante.

2.1.2.2.2. DESGASTE DE LAS HERRAMIENTAS

El desgaste gradual ocurre en dos lugares principales de la herramienta de corte: en la parte superior de la superficie de ataque y en el flanco o superficie de incidencia. Por tanto, se puede distinguir dos tipos principales de desgaste de la herramienta:

- 1) Desgaste en cráter

- 2) Desgaste del flanco

Usaremos una herramienta de punta sencilla para explicar el desgaste y el mecanismo que lo causa.

El desgaste en cráter, es una sección cóncava de la superficie de ataque de la herramienta, formada por la acción de la viruta que se desliza contra la superficie. Los altos esfuerzos y temperaturas caracterizan a la interfase de contacto herramienta viruta y contribuyen a la acción de desgaste. El cráter puede medirse ya sea por su profundidad o por su área de desgaste del flanco que ocurre en el flanco o superficie de incidencia de la herramienta. Resulta del rozamiento entre la recién creada superficie de trabajo y la cara del flanco adyacente al borde de corte. El desgaste del flanco se mide por el ancho de la banda de desgaste, FW. A esta banda se le llama frecuentemente la banda de desgaste.

Se pueden identificar varias características del desgaste del flanco. En primer lugar, aparece frecuentemente un desgaste extremo en el flanco sobre el filo de corte en el sitio que corresponde a la superficie original de la parte de trabajo. A este se le llama muesca de desgaste, y ocurre porque la superficie original del trabajo es más dura y más abrasiva que el material interno. El endurecimiento por trabajo es provocado por el estirado en frío o por maquinados previos, así como por partículas de arena en la superficie de la fundición o por otras razones. Como consecuencia de la superficie más dura el desgaste se acelera en esta región. El desgaste del radio de la nariz es la segunda región de desgaste del flanco que puede identificarse y conduce a la terminación del borde de corte.

El mecanismo general del desgaste entre dos superficies en contacto con movimiento relativo. El mecanismo específico que ocasiona el desgaste de la herramienta se puede resumir como sigue.

- **Abrasión.-** Esta es una acción de desgaste mecánico debido a que las partículas duras en el material de trabajo rayan y remueven pequeñas porciones de la herramienta. Esta acción abrasiva ocurre tanto en el desgaste del flanco como en el desgaste en cráter, pero predomina en el desgaste del flanco.

- **Adhesión.-** Cuando dos metales entra en contacto a alta presión

y temperatura, ocurre la adhesión o soldado entre ellos. Esta condición esta presente entre la viruta y la superficie de ataque de la herramienta. A medida que la viruta fluye a través de la herramienta, se rompen pequeñas partículas de la herramienta y se separan de la superficie, provocando el desgaste de la superficie.

- **Difusión.-** es un intercambio de átomos a través de un límite de contacto entre dos materiales. En el caso del desgaste de la herramienta, la difusión ocurre en el límite herramienta-viruta y ocasiona que la superficie de la herramienta quede agotada por los átomos que le imparten su dureza. Conforme este proceso continua. la superficie de la herramienta se vuelve más susceptible a la abrasión y a la adhesión. Se cree que la difusión es el principal mecanismo del desgaste en cráter.

- **Deformación plástica.-** Otro mecanismo que contribuye al desgaste de la herramienta es la deformación plástica del borde cortante. Las fuerzas de corte que actúan en el borde de corte a altas temperaturas hacen que este se &forme plásticamente, haciéndolo mas vulnerable a la abrasión de la superficie de la herramienta. La deformación plástica contribuye principalmente al desgaste del flanco.

La mayoría de estos mecanismos de desgaste se aceleran a velocidades de corte y temperaturas más altas.

2.1.2.2.3. HERRAMIENTAS PARA MECANIZAR

El proceso del mecanizado puede en cierto modo compararse con el de cortar, arrancar o partir. El instrumento empleado desde la antigüedad para cortar, arrancar, o partir, es la cuña. Este instrumento lo encontramos en forma de cincel y acoplo de formón, de hacha, de cuchillo, de azuela, de pico o tenazas.

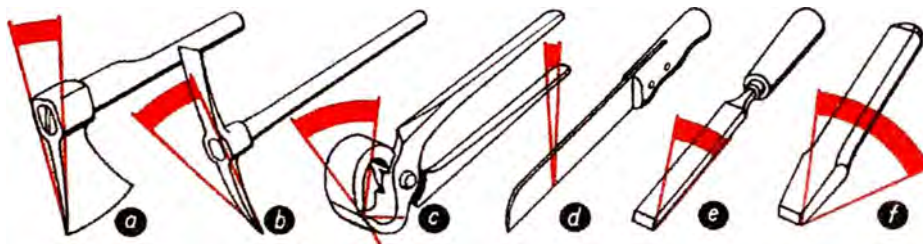


Figura – 2-16 . La cuña como elemento básico de las herramientas que sirven para cortar, partir o arrancar: a) hacha; b) pico; c) tenazas; d) cuchillo; e) escoplo de grabador; f) cincel

La acción de cuña se ve perfectamente clara cuando se trata de rajar un tronco de árbol

Mediante una fuerza (F) se hace entrar la cuña en el tronco. Penetra la cuña tanto más fácilmente cuanto más esbelta es. Y es que entonces es más aprovechada la fuerza ejercida (F), ya que al disminuir el ángulo de cuña crecen también las fuerzas de corte o arranque. (T). **Figura – 17 / a.b**

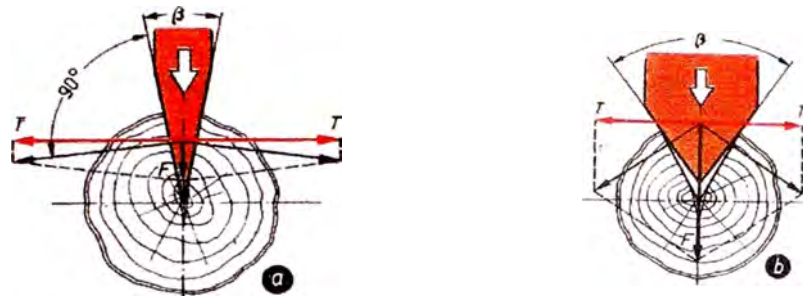


Figura – 2-17 / Acción de corte de la cuña: a,b) La fuerza F (= longitud del vector) necesaria para cortar o partir y tienen que ser, en el caso de un ángulo de cuña (β) grande, mayor que cuando ese ángulo (β) es pequeño.

Delante de la punta de la cuña se forma una raja que se abre tanto más enérgicamente cuanto mayor es el ángulo de la cuña. Una cuña esbelta resbala menos hacia fuera porque las fuerzas que actúan perpendicularmente a las caras de la cuña empujan a la cuña menos fuertemente hacia arriba, es decir, que no pueden echarla tan fácilmente fuera de la raja.

Figura – 18 / c,d

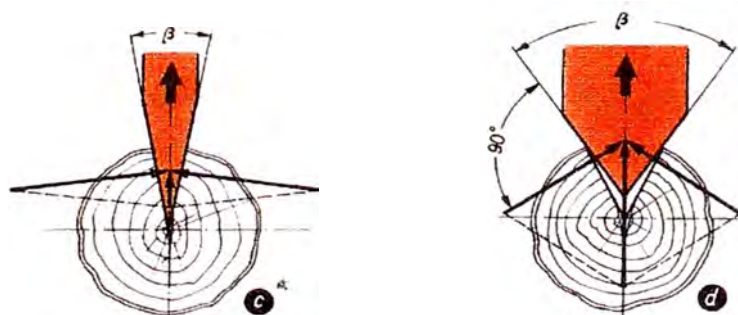


Figura – 2-18 . A pesar de ser mayor la fuerza en las fuerzas de corte o arranque T son menores en el caso b que en el a; c, d) esfuerzos de reacción

Es decir, que la magnitud del ángulo de la cuña (β) tiene una importancia decisiva respecto a la eficacia de la misma.

2.1.2.2.4. ACCIÓN DE CUÑA AL MECANIZAR

Si se impulsa sobre una pieza a una herramienta cuya parte activa tenga forma cónica, se aplastará, se recalcará el material contra las caras de la cuña (de modo especialmente fuerte en el caso de un material tenaz). El material se desviará en la dirección de la mínima resistencia.

En el caso de una penetración perpendicular, el material se desliza junto a ambas caras de la cuña hasta una misma altura. Cuando la penetración de la cuña es oblicua, el material se agolpa hacia el lado libre de un modo proporcionalmente más acentuado. **Fig. – 19/ a y b**

Si la cuña se mueve paralelamente a la superficie de la pieza, el material se separará sólo hacia una parte. **Figura – 19 / c**

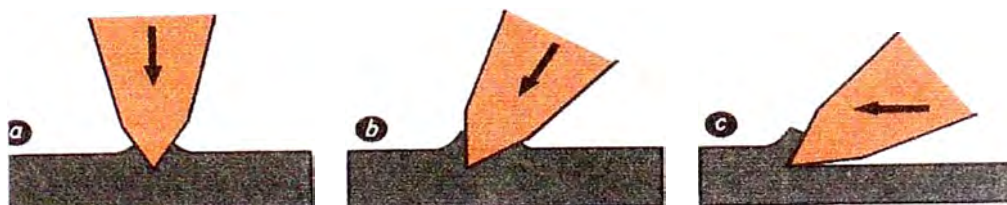


Figura 21-19 Acción de recalcado o de aplastamiento de la cuña; movimiento a) Perpendicular, b) inclinado, c) paralelo a la superficie de trabajo.

Cuando la cuña convenientemente inclinada avanza paralelamente a la superficie de la pieza, se va separando continuamente material, se producen virutas y se habla entonces de lo que hemos llamado "mecanizado". En la formación de virutas podemos imaginarnos cuatro fases:

1. Levantamiento del material delante de la superficie de ataque de la herramienta.

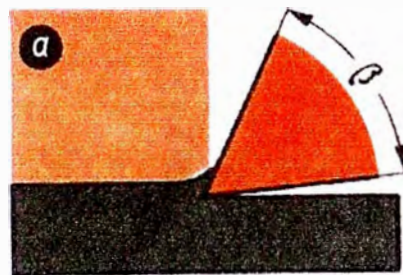


Figura -2-20 Cuña Cortante

2. Formación de una grieta delante de la punta de la cuchilla.

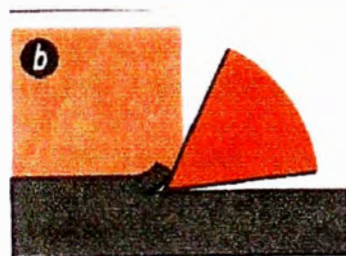


Figura - 2-21

3. Corte de una partícula de viruta (elemento de viruta).

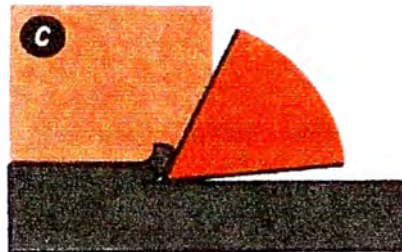


Figura – 2- 22 proceso de corte

4. Deslizamiento ascensional de la partícula cortada (elemento de viruta) junto a la superficie de ataque de la herramienta.

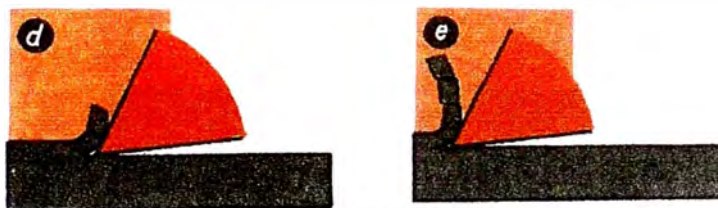


Figura –2- 23 Ángulos de filos

Estos procesos se repiten continuamente, de tal modo que unos elementos de viruta se juntan a los otros constituyéndose virutas que están más o menos firmemente unidas entre si. Mientras que, por ejemplo, en la fundición gris no existe ligazón alguna entre los distintos elementos de viruta, formándose virutas desmenuzadas en los materiales tenaces, como por ejemplo: En el acero blando, los elementos de la viruta van tan agarrados unos a otros que se da lugar

a virutas largas. Es decir, que entre otras cosas influye también el material de la pieza sobre la clase de virutas que se forman.

Cuando el movimiento es muy rápido (elevada velocidad de corte), apenas si se aprecia generalmente la grieta que va delante de la cuchilla.

2.1.2.2.5. ANGULOS EN EL FILO DE LAS HERRAMIENTAS

En una herramienta cuya misión sea arrancar virutas

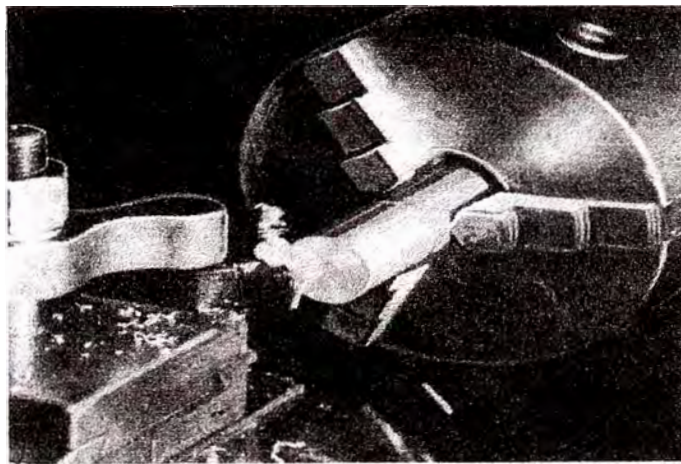


Figura – 2-24, acción de corte de una pieza por medio de una herramienta

Las caras de la cuña toman en la parte activa de la misma una línea que se llama filo: Por lo general, empero, se consideran también

como filo las partes de las caras de la cuña inmediatas a esa línea. Estas superficies del filo comprenden ángulos cuya magnitud influye sobre la eficacia de la herramienta.

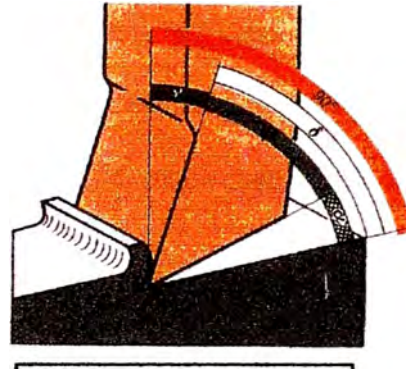


Figura - 2-25

Figura - 2-25 designación de los ángulos en el filo de herramienta El Ángulo de Incidencia (α) , Ángulo de Filo (β), Ángulo de ataque (γ), Ángulo de corte (delta)
 $(\alpha) + (\beta) + (\gamma) = 90^\circ$ / $(\alpha) + (\beta) = (\text{delta})$

2.1.2.2.5.1. ANGULOS DE FILO (β)

Un ángulo de filo pequeño ofrece grandes ventajas. Por otro lado no s, sin embargo, posible disminuirlo arbitrariamente, porque con ello crece el peligro de rotura del filo, especialmente en el caso de material duro y resistente. El ángulo de filo puede ser tanto menor cuanto más blando sea el material de la herramienta es muy duro y agrio se rompe también fácilmente el filo cuando el citado ángulo es demasiado pequeño.

2.1.2.2.5.2 ANGULOS DE ATAQUE (γ)

El ángulo de ataque viene limitado de un lado por la superficie de ataque de la herramienta (es decir, la superficie sobre la cual resbalan las virutas), y del otro lado por un plano perpendicular a la superficie de trabajo (o sea a la superficie que se está trabajando en la pieza). Su magnitud influye especialmente sobre el tipo de viruta.

La viruta se separa tanto más fácilmente cuanto mayor es el ángulo de ataque.



Figura -2- 26 Ángulo de ataque grande = ángulo de filo pequeño. Cuando menor ángulo de ataque tanto mas fuertemente curvada y aplastada resulta la viruta

Aún cuando sea ventajoso un ángulo de ataque grande, no puede hacersele arbitrariamente grande, porque el ángulo de filo tendría entonces que resultar correlativamente menor. Un ángulo de filo demasiado pequeño conduciría fácilmente a la rotura del filo.

2.1.2.2.5.3. ANGULO DE INCIDENCIA (α)

Es el ángulo comprendido entre la superficie de incidencia de la herramienta y la superficie de corte de la pieza. El ángulo de incidencia permite que las superficies de contacto entre la pieza y la herramienta resulten muy pequeñas. Se evita el magullamiento de la herramienta y con ello disminuye el rozamiento. Su magnitud viene a ser unos 6 a 10°.

2.3 MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS

Se puede usar los tres modos de falla de la herramienta para identificar algunas de las propiedades importantes que deben poseer los materiales para herramientas.

2.3.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE HERRAMIENTAS

1) Tenacidad.- Para evitar las fallas por fractura, el material de la herramienta debe tener alta tenacidad. La tenacidad es la capacidad de absorber energía sin que falle el material. Se caracteriza generalmente por una combinación de resistencia y ductilidad del material.

2) Dureza en caliente.- La dureza en caliente es la capacidad del material para retener su dureza a altas temperaturas. Ésta es necesaria debido al ambiente de altas temperaturas en que opera la herramienta.

3) Resistencia al desgaste.- La dureza es la propiedad más importante que se necesita para resistir el desgaste abrasivo. Todos los materiales para herramientas de corte deben ser duros. Sin embargo, la resistencia al desgaste en el corte de metales no solamente depende de la dureza de la herramienta, sino también de otros mecanismos de desgaste. El acabado superficial de la herramienta (superficie más lisa significa coeficiente de fricción más bajo), la composición química de la herramienta y de los materiales de trabajo, y el uso de un fluido para corte son otras características que afectan la resistencia al desgaste.

2.3.2. CLASES DE MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS

- 1) Aceros al carbono y de baja aleación
- 2) Aceros de alta velocidad
- 3) Aleaciones de fundición de cobalto
- 4) Carburos Cementados
- 5) Cerámicos

6) Diamantes Sintéticos

7) Nitruro de boro cúbico

1. Aceros al Carbono y de baja aleación

Antes del desarrollo del acero de alta velocidad , los únicos metales eran el Acero al carbono y el acero Mushet, pero en la actualidad se usan esporádicamente en las aplicaciones industriales de maquinado de metales.

Los aceros de carbono que se usaban como herramientas de corte podían tratarse térmicamente para adquirir una dureza relativamente (Rockwell C 60) , debido a su alto contenido de carbono. Antes de examinar estos materiales en forma individual, será útil un breve panorama y las técnicas de comparación.

El carburo de tungsteno se sintetizó por primera vez alrededor de 1890. Pasaron casi tres décadas para que se desarrollara un material que fuera 601 como herramienta de corte, sinterizando el carburo de tungsteno con un aglutinante metálico para formar los carburos cementados. Estos se usaron por primera vez en el corte de metales a mediados de

los años setenta. En la actualidad se usan más ampliamente en Japón que en Estados Unidos, donde se prefieren más los carburos recubiertos. El primer carburo recubierto que consistía en un sustrato de WC-Co se usó por primera vez alrededor de 1970. Los materiales recubiertos incluyen TiC, TiN y Al₂O₃. Los modernos carburos recubiertos tienen tres más recubrimientos de estos y otros materiales duros. Los intentos de usar cerámicos de alúmina en el maquinado datan de principios de este siglo en Europa. Su fragilidad impidió el éxito de estas primeras aplicaciones. Los refinamientos en su procesamiento a través de muchas décadas han tenido buenos resultados en el mejoramiento apropiado de estos materiales. El uso comercial de herramientas cerámicas de corte en Estados Unidos se remonta a mediados de la década de los cincuenta. Los primeros diamantes industriales fueron producidos por la General Electric Company en 1954. Eran cristales sencillos de diamante y se aplicaron con cierto éxito en operaciones de esmerilado iniciadas hacia 1957. Se ha registrado una mayor aceptación de las herramientas de corte de diamante con el uso del diamante policristalino sinterizado (COPS), que data de los primeros años de la década de los setenta. Un material similar para herramientas, el nitruro de boro cúbico, se introdujo en 1969 por la General Electric bajo la marca comercial Borazon.

Material	Resistencia a la ruptura transversal		
	Dureza	lb/pul ²	(MPa)
Acero al carbono	60HRC	750 000	(5200)
Acero de alta velocidad	65HRC	600 000	(4100)
Aleación de fundición de combate	65HRC	325 000	(2250)
Carburo cementado (WC)			
Bajo contenido de Co	93 HRA, 1800 HK	200 000	(1400)
Alto contenido de Co	90 HRA, 1700 HK	350 000	(2400)
Cermet (TiC)	2400 HK	250 000	(1700)
Alúmina (Al ₂ O ₃)	2100 HK	60 000	(400)
Nitruro cúbico de boro	5000 HK	100 000	(700)
Diamante policristalino	6000 HK	150 000	(1000)
Diamante natural	800 HK	215 000	(1500)

La Tabla - 2 presentan datos sobre las propiedades de varios materiales de herramientas. Las propiedades relacionadas con los requerimientos de una herramienta de corte son: dureza, tenacidad y dureza en caliente. proporciona una lista de durezas a temperatura ambiente y de resistencia a la ruptura transversal de algunos materiales seleccionados. La resistencia a la ruptura transversal es una propiedad que se usa para indicar la tenacidad de los materiales duros. muestra la dureza como una función de la temperatura para varios materiales de herramientas. Además de comparar las propiedades de los materiales, es útil compararlos en términos de los parámetros n y C en la ecuación de Taylor para la vida de las herramientas. El desarrollo de nuevos materiales para herramientas de corte ha incrementado en general los valores de estos dos parámetros. La tabla 2 proporciona un alista de valores

representativos de n y C en la ecuación de Taylor para algunos materiales seleccionados de herramientas de corte.

Tabla - 2		C	
Material de Herramienta	n	pies/min	(m/min)
Acero de herramienta al carbono			
Corte De Metales	0.1	200	(70)
Corte de acero	0.1	60	(20)
Acero de alta velocidad			
Corte de metales	0.125	350	(120)
Corte de acero	0.125	200	(70)
Carburo cementado			
Corte de metales	0.25	2700	(900)
Corte de acero	0.25	1500	(500)
Cermt			
Corte de acero	0.25	2000	(600)
Carburo recubierto			
Corte de acero	0.25	2200	(700)
Cerámico			
Corte de acero	06	10000	(3000)

Los valores de los parámetros son aproximados para torneado con avance = 0.010 pulg/rev (0.25 m/rev) y profundidad = 0.100 pul (0.25 mm). El corte de metales se refiere a metales fáciles de maquinar como aluminio, latón y fundición de hierro. El corte de acero se refiere al maquinado de acero suave (no endurecido). En la práctica se pueden encontrar variaciones significativas.

El desarrollo cronológico de los materiales de herramienta ha seguido generalmente una trayectoria en la cual los nuevos materiales han permitido velocidades de corte cada vez más altas. En la tabla presenta una lista de materiales de herramientas de corte, junto con sus fechas de introducción y la velocidad de corte máxima disponible. Se han registrado incrementos dramáticos en la productividad del maquinado debido a los avances en la tecnología de materiales. En la práctica, las máquinas herramienta no siempre han ido al paso de la tecnología de las herramientas de corte. Las limitaciones en la potencia, en la rigidez de las máquinas herramienta, en los rodamientos de las flechas de transmisión y el uso extendido de equipos viejos en la industria estadounidense son factores que ha influido en el desaprovechamiento de las posibilidades de las altas velocidades disponibles en las herramientas de corte.

material de Herramienta	Año de uso inicial	Velocidad permisible de corte	
		pies/min	(m/min)
Acero de herramienta al carbono	1800s		
Corte De Metales		30	(10)
Corte de acero		15	(5)
Acero de alta velocidad	1900		
Corte de metales		75-200	(25-65)
Corte de acero		50-100	(17-33)
Aleaciones de fundición de cobalto	1915		
Corte de metales		150-600	(50-200)
Corte de acero		100-300	(33-100)
Carburos cementados (WC)			
Corte de metales	1930	1000-2000	(330-650)
Corte de acero	1940	300-900	(100-300)
Cermets (TiC)	1950s		
Corte de acero		500-1200	(165-400)
Cerámico (Al ₂ O ₃)	1955		
Corte de acero ^b		1000-2000	(330-650)
Diamantes sintéticos	1954, 1973		
Corte de metales		1200-4000	(390-1300)
Nitroru de boro cúbico	1969		
Corte de acero		1500-2500	(500-800)
Carburos recubiertos	190		
Corte de acero ^c		500-1200	(165-400)

Las velocidades permisibles de corte se expresan como una escala de valores, debido a la variedad e materiales de trabajo y aplicaciones maquinadas con estas herramientas. Los valores se destinan a presentar velocidades típicas y comparativas, no límites absolutos.

^b Las herramientas cerámicas se usan normalmente con avances y profundidades más bajas debido a su fragilidad.

© Los carburos cubiertos se usan normalmente como sustitutos de los carburos cementados en su grado de corte de acero.

2. Aceros de alta velocidad

Los aceros de alta velocidad, AAV (en Inglés, HSS) , son aceros de herramientas altamente aleados, capaces de mantener su dureza a elevadas temperaturas mejor que los aceros de baja aleación y poseen alto contenido de carbono. Su buena dureza en caliente permite el uso de estas herramientas a velocidades de corte más altas. Al compararlos con los materiales de herramientas usados antes de su desarrollo, se merecían el nombre de “alta velocidad”. Se dispone de una amplia variedad de aceros de alta velocidad, pero se pueden dividir en dos tipos básicos: 1) molibdeno, designados como grado – M por el AISI.

Los HSS tipo tungsteno contiene tungsteno como su principal ingrediente de aleación en proporciones del 12 al 20%. Los elementos adicionales de aleación son el cromo (Cr) cerca de 4%, y el vanadio (V), en una escala de 1 a 2%. Uno de los HSS originales y mejor conocidos es el grado T1 o acero de alta velocidad, el cual contiene 18% de W, 4% de Cr y 1% de V. Los

HSS grados molibdeno contiene combinaciones de tungsteno y molibdeno (Mo) en una combinación típica de 6% W y 5% Mo, más los mismos elementos de aleación adicionales. Las funciones de cada elemento aleado en aceros de alta velocidad (HSS) se listan en comercialmente, el acero de alta velocidad es uno de los más importantes materiales de herramientas de corte que se usan actualmente, y a pesar haberse introducido hace cerca de un siglo, es especialmente apropiado para aplicaciones que involucran herramientas de formas complicadas como taladros, tarrajas, fresas y escariadores. Estas complejas herramientas son generalmente más fáciles y menos costosas de producir con HSS que con otros materiales de herramienta. Se pueden tratar térmicamente para que el filo de corte adquiera muy buena dureza (Rockwell C 65), y también mantiene buena tenacidad en las porciones internas de la herramienta. Los buriles de acero de alta velocidad tienen mejor tenacidad que muchos de los materiales que poseen mayor dureza y no están fabricados con acero grado herramienta, pero se emplean para maquinado, como carburos cementados y cerámicos. Aun para herramientas de punta sencilla, los aceros de alta velocidad son muy populares entre los maquinadores debido a la facilidad con que se puede tallar cualquier forma en la punta de la herramienta.

A través de los años se han hecho algunas mejoras en la formulación metalúrgica de los HSS, por lo cual esta clase de materiales de herramienta permanece competitiva para muchas aplicaciones. Las herramientas HSS, incluyendo las brocas, se recubren también frecuentemente con una delgada película de nitruro de titanio (TiN) para obtener una significativa mejoría en su desempeño de corte. Generalmente se usan procesos de deposición física de vapor para realizar estos descubrimientos.

3. Aleaciones de fundición de cobalto

Los recubrimientos de aleación de cobalto contiene de 40 a 50% de cobalto; de 25 a 35% de cromo; y tungsteno, por lo general del 15 al 20%, con trazas de otros elementos. Estas herramientas se hacen en la forma deseada a través de fundición en moldes de grafito y después se esmerilan para darles el tamaño y afilado final. La resistencia al desgaste es mejor que la del acero de alta velocidad, pero no tanto como la de los carburos cementados. La tenacidad de las herramientas de fundición de cobalto es mejor que la de los carburos, pero no tan buena como la de los HSS. La dureza en caliente se sitúa también entre los dos materiales.

Tabla - 4

Elementos de aleación	Funciones en el acero de alta velocidad
Tungsteno	Incrementa la dureza en caliente. Mejora la resistencia a la abrasión a través de la formación de carburos duros en HSS.
Molibdeno	Incrementa la dureza en caliente Mejora la resistencia a la abrasión a través de la formación de carburos duros en HSS.
Cromo	Profundiza la templabilidad durante el tratamiento térmico Mejora la resistencia a la abrasión a través de la formación de carburos duros en HSS. Resistencia a la corrosión (efecto menor)
Vanadio	Se combina con el carbono para resistencia al desgaste Retarda el crecimiento de los granos para mejorar tenacidad
Cobalto	Incrementa la dureza en caliente.
Carbono	Elemento principal de endurecimiento del acero. Proporciona carbono disponible para formar carburos con otros elementos de aleación e incrementa la resistencia del desgaste.

Como se puede esperar de sus propiedades, las aplicaciones de las herramientas de fundición de cobalto están generalmente entre las de los aceros de alta velocidad y las de los carburos cementados. Son capaces de cortes burdos pesados a velocidades mayores que las de los HSS y avances mayores que la de los carburos. Los materiales de trabajo incluyen aceros y metales, así como materiales no metálicos como plásticos y grafito. En la actualidad, las herramientas de fundición de cobalto no son comercialmente

tan importantes como los aceros de alta velocidad o los carburos cementados. Estos últimos se introdujeron alrededor de 1915 como un material de herramienta que podría permitir velocidades de corte más altas que los HSS; pero los carburos se desarrollaron posteriormente y probaron ser superiores a las aleaciones de fundición de cobalto en la mayoría de las situaciones de corte.

4. Carburos Cementados

Se incluyen técnicamente dentro de esta definición, que los Cermets, son compuestos de materiales cerámicos y metálicos. Son una clase de materiales duros para herramientas en base a carburo de tungsteno y fabricados con técnica de metalurgia de polvo en la que se utiliza, el cobalto como aglutinante y además otros compuestos como carburo de titanio, las primeras herramientas de corte se fabricaron en base de este material y se usaron en piezas que eran para maquinar fundiciones de hierro.

El resultado es que los carburos cementados son de dos tipos:

- a.- Grado de corte que no incluye al acero

b.- Grado de corte para aceros que contienen carburo de titanio y carburo de tantalio

Sus propiedades son: Alta resistencia a la compresión , alta dureza (de 90 a 95 HRA) buena dureza en caliente y buena resistencia al desgaste.

5. Cerámicos

Las herramientas de corte a base de materiales cerámicos esta compuesto por oxido de aluminio. De grano fino, prensado y sinterizado a altas presiones y temperaturas . El oxido de aluminio es muy puro que luego se combina con oxido de circonio. Es importante usar polvos de alúmina muy finos en la producción de herramientas cerámicas, a fin de mejorar la tenacidad de material a través de la compactación de alta presión

Las herramientas de corte de oxido de aluminio tienen mucho éxito en el torneado a alta velocidad, de fundiciones de hierro y acero, pueden usarse para operaciones de acabado en el tomo , donde la velocidad de corte son altas (3,000 rpm)

6 Diamantes Sintéticos

Las herramientas de corte de diamante sintético se fabrican con diamante policristalino sinterizado, desde 1970

El diamante policristalino sinterizado se fabrica mediante la sinterización de polvo fino de cristales de diamante granulado a altas temperaturas y presiones en la forma deseada (puede ser cuadrada, triangular)

De este material se fabrica los insertos que se deposita una capa de diamante sinterizado, su espesor es 0.02 pulg, de grueso aproximado, sobre la superficie de una base de carburo sementado

Las aplicaciones de las herramientas de corte de diamante, es en el maquinado a alta velocidad de metales no ferrosos y abrasivos no metálicos como fibra de vidrio y grafito NO es practico maquinar el acero y otros metales ferrosos, así como aleaciones basadas en níquel

7. Nitruro de boro cubico

Es uno de los materiales más duro conocidos y que en la actualidad tiene un gran uso industrial , se fabrica en forma de pastillas en las herramientas de corte , básicamente es la misma que se usa para el diamante policristalino sinterizado, esto es recubrimientos sobre insertos de carburo de wc y co : El nitruro de boro cúbico no reacciona químicamente con el hierro y el níquel como lo hace el diamante , por lo tanto las aplicaciones industriales de las herramientas de corte recubiertas de nitruro de boro cúbico se aplican para mecanizar aleaciones ferrosas que contengan acero y aleaciones basadas en níquel , estas herramientas son costosas, se debe justificar el costo en su aplicación en maquinas de control numérico que giran a alta velocidades

CAPITULO 3

3. TIEMPO DE MECANIZADO

3.1.- TEORIA DE TAYLOR

3.1.1. Ecuación de Taylor para la vida de las herramienta.-

Esta teoría se basa en el cálculo de la velocidad de corte para una duración establecida de la herramienta entre dosafilados consecutivos . Taylor para ello realiza una serie sistemática de largos ensayos, haciendo intervenir en los mismos doce parámetros de corte entre los que se encuentran:

- Condiciones de corte (velocidad de corte, avance, profundidad de pasada)

- Geometría de la herramienta (ángulo de situación principal, ángulo de desprendimiento normal, ángulo de la caída de filo, radio de redondeamiento)
- La calidad del material de la herramienta y pieza
- Criterios de duración o vida de la herramienta (desgaste frontal de la cara de incidencia , profundidad del cráter de la cara de desprendimiento, tolerancia de la pieza)
- Condiciones de trabajo (como refrigerante utilizado, medio de la fijación de la pieza, potencia y estado de la máquina , tipo de máquina y tipo de operación)

Para estudiar la relación existente entre la vida de la herramienta y la velocidad de corte, fijo arbitrariamente diez de los parámetros y se dedico a variar la velocidad de corte para estudiar la influencia en la duración del filo

Los resultados obtenidos lo llevo a una gráfica en la ábsidas consta el logaritmo de la velocidad de corte y en la ordenada el logaritmo de la vida de la herramienta de tal forma que observo que siempre permaneciesen fijos los diez parámetros, cuales quiera fuera su valor, siempre se obtenía una recta

$$vT^n = C$$

Donde : v = velocidad de corte, pies (m/min)

T = vida de la herramienta (min)

n y c = son parámetros cuyos valores dependen del avance y profundidad de corte, del material , de la herramienta

La ecuación de Taylor, establece básicamente que las velocidades de corte más altas, traen como consecuencia vidas más cortas para la herramienta. Al relacionar los parámetros n y C , n es la pendiente de la gráfica (expresada en términos lineales más que la escala de los ejes) y C es la intersección sobre el eje de velocidad, C representa la velocidad de corte a la cual la herramienta duraría un minuto.

El problema con la que las unidades en el lado derecho de la ecuación no son consistentes con las unidades del lado izquierdo. Para hacer consistentes las unidades la ecuación se debe expresar en la forma:

$$vT^n = C(T_{ref}^n)$$

Donde T_{ref} = un valor de referencia para C . El valor de $T_{ref} = 1$ minuto, cuando las unidades que se usan para v y t son pie/min (m/min) y min, respectivamente. La ventaja de la ecuación , se comprende cuando se desea usar la ecuación de Taylor con otras unidades; por ejemplo, si la velocidad de corte se expresara como m/seg y la vida de la herramienta

como segundos, en este caso $T_{ref} =$ podría ser = 60 seg y C podría tener el mismo valor de velocidad.

3.1.1.1.CRITERIOS PARA LA VIDA DE LA HERRAMIENTA EN PRODUCCION

Aunque el desgaste en el flanco es el criterio de la vida de la herramienta en el análisis de la ecuación de Taylor, este criterio no es práctico en una fábrica a causa de las dificultades y el tiempo requerido para medir el desgaste del flanco. A continuación se presentan nueve criterios para determinar la vida útil de la herramienta durante las operaciones de maquinado, pero algunos de ellos tiene carácter subjetivo:

- 1) La falla completa del borde cortante (por fractura, por temperatura o por desgaste).
- 2) La inspección visual por el operador de la máquina del desgaste del flanco (o desgaste en cráter) sin microscopio. Este criterio se limita al juicio y habilidad del operador para observar el desgaste de la herramienta a simple vista.
- 3) La prueba al tacto del borde o filo cortante (con la uña) por el operador.
- 4) Los cambios en el sonido emitido por la operación, a juicio del operador.
- 5) La viruta se vuelve más larga, enmarañada y más difícil de

eliminar.

- 6) Degradación del acabado superficial en el trabajo.
- 7) Mayor consumo de potencia medida por un vatímetro conectado a la máquina herramienta.
- 8) Conteo de las piezas de trabajo. Se capacita al operador para que cambie la herramienta después de un número específico de partes maquinadas.
- 9) Tiempo acumulado de corte, el cual es similar a la cuenta de partes del punto anterior, excepto que se registra la longitud de tiempo que ha trabajado la herramienta. Esto es posible en las máquinas herramienta controladas por computadora, la cual se programa para registrar el tiempo total de corte de cada herramienta.

3.1.1.2. TEORIA DE TAYLOR GENERALIZADA

En los estudios de mecanizado en torno , así como el estudio de las herramientas utilizadas sean fijado parámetros de corte (por criterios técnicos y económicos), y elegido e material de la herramienta, necesitamos calcular una serie de factores, entre los que se encontraba la velocidad de corte.

La vida de la herramienta, como el tiempo de mecanizado, así como el grado acabado superficial de la pieza. Veremos la relación existente entre este

parámetro y otros de gran influencia en el proceso de mecanizado, basándose en datos experimentales.

Resulta evidente que la velocidad de corte no puede ser elegida arbitrariamente, ya que con velocidades pequeñas, el tiempo de mecanizado es grande mientras que si las velocidades son muy elevadas, se calienta el filo de corte por encima de las temperaturas permitidas por el material de la misma y como consecuencia se pierde rápidamente el filo de la herramienta, teniendo que reafilarla con lo que aumentan los tiempos no productivos y como consecuencia los gastos.

En la primera parte de este tema se estudia la relación entre la velocidad de corte y otros parámetros de mecanizado y en la segunda, se estudia la obtención de la velocidad de corte por criterios económicos y de producción.

3.1.1.2.1 VELOCIDAD DE CORTE

Es la que corresponde al movimiento principal de corte y representa los (m/min.) recorrido por un punto de la pieza con relación a la herramienta, o de la herramienta en relación a la pieza, dependiendo quien de ellos lleve el movimiento principal.

En la máquina herramienta torno, hemos visto que el movimiento principal es rotatorio y que lo lleva la pieza bajo el efecto de eje principal de la máquina, por tanto, la velocidad de corte será:

$$V = w r = 2\pi n,$$

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1.000} \quad \text{m/min} \quad (1)$$

$$V = r \cdot w$$

$$V = \pi d \cdot n$$

$$W = 2\pi \cdot n$$

D = Diámetro máximo de la pieza en mm. Este valor varía a lo largo del filo de la herramienta, haciendo variar, por tanto, la velocidad de corte a lo largo del mismo. Sin embargo, se toma el valor máximo, ya que en el caso de grandes penetraciones es el punto más desfavorable del filo.

n = Número de revoluciones por minuto del eje principal (n.r.p.m.)

Normalmente el problema también aparecerá a la inversa, es decir, conocida la velocidad de corte que debemos utilizar para que se cumplan una serie de condiciones técnicas y económicas, tendremos que hallar el número de revoluciones por minuto que tiene que dar el eje principal del tomo, para conseguir la mencionada velocidad de corte. Es decir:

V = Velocidad de corte en m/mm

$$n = \frac{1.000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

El cálculo de la velocidad de corte debe realizarse de forma que en el proceso de mecanizado, la herramienta tenga un servicio suficiente antes de perder su filo. Este servicio se mide:

- Por la producción, que se basa en el volumen de viruta eliminado entre dosafilados consecutivos, siendo la teoría más importante la del comandante Denis.
- Por la duración de la herramienta entreafilados, que se basa en el estudio de la velocidad de corte entre dosafilados consecutivos. Las teorías más importantes que siguen este criterio son la de Taylor y la de Kronnenberg.

3.1.1.3. TEORIA DE TAYLOR (1907)

Esta teoría se basa en el cálculo de la velocidad de corte para una duración establecida de la herramienta entre dosafilados consecutivos. Taylor para ello realiza una serie sistemática de larguísimos ensayos, haciendo intervenir en los mismos doce parámetros de corte, entre los que se encuentran: las condiciones de corte (velocidad de corte, avance, profundidad de pasada, etc); la geometría de la herramienta

(ángulo de situación principal, ángulo de desprendimiento normal, ángulo de caída de filo, radio de redondeamiento, etc); la calidad del material de la herramienta y pieza; el criterio de duración o vida de la herramienta (desgaste frontal de la cara de incidencia, tolerancias del a pieza, etc. y condiciones de trabajo, como el refrigerante utilizado, medios de fijación de la pieza, potencia y estado de la máquina, tipo de máquina, tipo de operación.

Pues bien, para estudiar la relación existente entre la vida de la herramienta y la velocidad de corte, fijó arbitrariamente diez de los parámetros y se dedicó a variar la velocidad de corte para estudiar la influencia en la duración del filo. Los resultados obtenidos los llevó a una gráfica en la que en abscisas consta el logaritmo de la velocidad de corte y en ordenadas, el logaritmo de la vida de la herramienta; de tal forma que observó que siempre que permaneciesen fijos los diez parámetros, cualesquiera que fuera su valor, siempre se obtenía una recta.

En dicha recta tenemos:

$$\operatorname{tg} B = \frac{\log V - \log V_1}{\log T - \log T_2}$$



y como $T_1 < T_2$ dicha pendiente es negativa, por lo que podemos poner:

$$\text{tag } \beta = - \frac{\log V - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2} = - \frac{1}{n}$$

Por otra parte:

$$\text{tag } \alpha = \frac{1}{\text{tag } \beta} = - \frac{\log T_1 - \log T_2}{\log V_1 - \log V_2} = - \frac{1}{n} \quad \text{será la pendiente de la recta.}$$

La ecuación de la recta en un punto genérico será:

$$\frac{\log T - \log T_1}{\log V - \log V_1} = \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log V_2 - \log V_1} = - \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log V_1 - \log V_2} = - \frac{1}{n}$$

Operando y tomando antilogaritmos, tenemos:

$$\log T - \log T_1 = \frac{1}{n} (\log V - \log V_1) \left(\frac{T}{T_1} \right) = \frac{1}{n} \log \left(\frac{V_1}{V} \right)$$

$$\frac{T}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V} \right)^{\frac{1}{n}} \quad ; \quad \left(\frac{T}{T_1} \right)^n = \frac{V_1}{V} \quad \text{o lo que es igual}$$

$$\boxed{V \cdot T^n = V_1 T_1^n = V_2 T_2^n = K} \quad (3)$$

Relación que nos permite calcular la velocidad de corte para un tiempo entre afilados prefijado, conociendo el tiempo entre afilados para una velocidad concreta y permaneciendo fijos el resto de los parámetros de corte., en ella

n , depende del material de la herramienta y pieza y K_1 es una constante que engloba todos los factores que han permanecido fijos durante el ensayo, por tanto, dependerá del avance, penetración, geometría y calidad de la herramienta, calidad del material a trabajar, condiciones de trabajo, criterio de desgaste, etc. y expresa la velocidad de corte para una duración de la herramienta de 1 minuto. y para los valores fijados en el ensayo.

Para establecer la vida de la herramienta Taylor adoptó el criterio de caída de filo, que se detecta por la aparición de vibraciones, por un empeoramiento brusco del acabado superficial y por un sensible aumento de los esfuerzos de corte.

Ya se ha dicho que (n) es un valor experimental que depende del material de la herramienta y pieza, sin embargo, se puede calcular sin más que realizar dos ensayos análogos, en los que la única variación permitida sea la velocidad de corte y como consecuencia, la vida de la herramienta. Partiendo de (3) tendremos:

$V_1 T_2 = V_2 T_1$ y tomando logaritmos.

$$\log V_1 - n * \log T_1 = \log V_2 - n * \log T_2$$

Operando nos queda definitivamente:

$$n = \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log T_2 - \log T_1} \quad (4)$$

La ecuación de Taylor no se puede utilizar cuando el material a mecaniza es de elevada resistencia, cuando se exija la herramienta una larga duración y en operaciones de acabado, ya que en estos casos la relación $\log V - \log T$ es una recta.

3.1.1..4. ECUACION DE TAYLOR GENERALIZADA

La ecuación de Taylor $V \cdot T^n = K_1$, solamente se puede utilizar cuando permanecen fijos los parámetros de ensayo englobados en la constante K_1 , con el objeto de obtener una relación más amplia entre la velocidad de corte y los diversos factores que le afectan, investigadores posteriores a Taylor, han tratado de evaluar la influencia que sobre la constante K_1 , ejercen diversos factores de mecanizado, entre los que se encuentran:

El desgaste VB de la cara de incidencia

El espesor (h)

El ancho (b)

La forma de operar para el estudio de la relación existente entre la velocidad de corte y el parámetro elegido, ha sido la misma que la utilización por Taylor, es decir, fijando el resto de los parámetros se ha tratado de evaluar la influencia del parámetro elegido sobre la velocidad de corte.

3.1.1.4.1 INFLUENCIA DEL DESGASTE VB DE LA CARA DE INCIDENCIA

Suponiendo una relación lineal entre el desgaste de la cara de incidencia y la vida de la herramienta, cuando permanece fija la velocidad de corte al igual que el resto de los parámetros de mecanizado, tenemos que si k_2 es la velocidad de corte que nos determina un desgaste de 1mm. para la vida de la herramienta de 1 min. por Taylor.

$$V T_2 = V_2 T_1 \quad \text{es decir, } k_1 = V \quad \therefore \quad T : V = \frac{K_1}{T} \quad (5)$$

Ahora bien, por el carácter lineal entre la vida de la herramienta y su desgaste, tenemos:

$$\frac{VB_1}{T} = \frac{VB_1}{T_1} \quad \text{es decir, } \frac{1}{T} = \frac{VB}{1}; \quad T = \frac{1}{VB}$$

Que llevada a (5) nos queda:

$$V = K_1 VB \quad (6)$$

Relación que nos liga la influencia del desgaste de la cara de incidencia sobre la velocidad de corte para la vida de 1 min. En ella, k_2 es una constante que engloba y depende del resto de los parámetros que permanecen fijos durante el ensayo y representa la velocidad de corte para una vida de 1 min. y un desgaste VB de 1 mm. Es decir, es la constante k_1 para el desgaste de 1mm. e igualdad en el resto de los parámetros de ensayo.

3.1.1.4.2. INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA VIRUTA

Para estudiar la influencia del espesor de viruta, sobre la velocidad de corte, se opera del siguiente modo: Realizamos diferentes ensayos en los que permaneciendo fija la velocidad de corte y $VB = 1$ mm, medimos la vida de la herramienta para cada uno de los espesores utilizados; ello nos permitirá obtener una relación entre la vida de la herramienta y el espesor de viruta, permaneciendo constantes el resto de los parámetros de corte.

Realizamos ensayos análogos con distintas velocidades de corte y de todos ellos, extraemos los espesores de viruta con los que la duración de la herramienta ha sido de 1 min. Representado en una gráfica las velocidades de corte y espesores que han hecho que la vida de la herramienta sea de 1 min. se obtiene la relación entre la velocidad de corte y espesores que han hecho que el desgaste de la cara de incidencia sea de 1 mm. para la duración de 1 min.

En la figura anterior queda representada dicha relación, que como se observa se trata de una ley hiperbólica formada por dos hipérbolas, cuyo punto de intersección se considera el límite entre los mecanizados de acabado y desbaste. Por tanto, la relación V-h se puede poner:

$$v = \frac{k_1}{h} \quad (7)$$

Donde:

- x Es un coeficiente que valora la influencia del espesor de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza.
- K₃ Engloba y depende del resto de los parámetros que han permanecido fijos durante el ensayo, y representa la velocidad de corte para T = 1 min. VB = H = 1 mm, por tanto, coincide con k₂ para el espesor del 1 mm. e igualdad en el resto de los parámetros de ensayo.

3.11.1.4.3. INFLUENCIA DEL ANCHO DE LA VIRUTA

El proceso operativo es análogo al descrito anteriormente, pero analizando la influencia del ancho de viruta sobre la velocidad de corte para T = 1 mi. y VB = H = 1 mm. de este modo se observará que el aumento del ancho de viruta trae consigo una disminución de la velocidad de corte según una ley hiperbólica, es decir:

$$v = \frac{k_1}{b'} \quad (8)$$

En ella:

- Y Es un coeficiente que valora la influencia del ancho de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza.
- K_1 Es una constante que engloba y depende del resto de los parámetros que han permanecido fijos durante el ensayo, y representa la velocidad de corte para $T = 1$ min. y $VB = h = b = 1$ mm., que coincidirá con K_3 cuando ésta se determina para $b = 1$ mm. permaneciendo iguales el resto de los parámetros.

De este modo la ecuación de Taylor generalizada en la que se consideran además de los factores tenidos en cuenta por Taylor, los tres factores estudiados, nos queda:

$$V = \frac{K_1 (VB)^x}{h^y b^z T^k} \quad (9)$$

En ella los coeficientes x e y , y la constante k , dependen del material de la pieza a mecanizar, de la herramienta, de la geometría y posición de la herramienta del tipo de mecanizado, etc. Dichos valores se encuentran tabulados, en función de la geometría y posición de la herramienta y para cada par de valores material de la pieza – material de la herramienta.

Normalmente en la práctica los datos de partida no suelen ser el valor del ancho de viruta y su espesor, sino el avance y la penetración, por ello y teniendo en cuenta la siguiente figura:

$$h = \text{sen } \alpha \quad \text{y} \quad b = p / \text{sen } \alpha$$

La fórmula de Taylor se convierte en:

$$V = \frac{K_1 VB}{a p (\text{sen}x) T'} \quad (10)$$

Observación: Aunque en dicha fórmula aparece el ángulo de situación, ello no quiere decir que sea una variable, ya que el estudio de $V = f(h,b)$ lo hemos realizado permaneciendo constante la geometría de la herramienta.

Por otra parte, el valor de VB está fijado por criterios de desgaste o por las tolerancias permitidas y el valor del ángulo de situación de la herramienta permanece fijo en el ensayo, por ello se suele englobar k_4 , VB y $\text{sen}x$ en una sola constante K, quedándose finalmente:

$$V = \frac{K}{a' p' T'} \quad (11)$$

En la que:

K = Velocidad de corte para $a = p = 1 \text{ mm.}$,

T = 1 min., y para los valores de VB, geometría, materiales, etc.

Para los que ha sido determinada.

a = Avance en mm/rev.

p = Profundidad de pasada en mm.

T_{VB} = Tiempo de mecanizado entre dos afilados consecutivos para el desgaste VB fijado.

3.1.2. TEORIA DE KRONNERBERG

Kronnerberg se dedica a hacer ensayos para el cálculo de la fórmula (9) de Taylor, y sus coeficientes, para trabajar con el espesor de la viruta (h)

y el ancho de la misma (b), lo hace a través de sección S y de la esbeltez E definidos del siguientes modo:

$$S = b \cdot h$$

$$E = b/h$$

El criterio adoptado para la vida de la herramienta es el adoptado por Taylor es decir "el de caída de Filo", por lo tanto permanecerá constante para cada material de la herramienta - material de la pieza, geometría de la herramienta tipo de operación etc.

Sin embargo, para el cálculo de las constantes en las cuales Taylor, adoptaba la vida de la herramienta de 1 min. Kronnerberg adopta una vida de 60 min. De este modo, operando en la fórmula (9) de Taylor, se obtendrá la fórmula de Kronnerberg.

Hemos visto que la fórmula de Taylor generalizada, en función del espesor h y del ancho b de la viruta era la siguiente:

$$V = \frac{K, VB'}{h' b' T'}$$

Pero

$$S = b \cdot h = b \cdot h/h = E \cdot h^2 \text{ de donde } h = (S/E)^*$$

$$E = b/h = (b/h) \cdot (b/b) = b/S. \text{ de donde } b = (S \cdot e)**$$

Sustituyendo b y h en función de S y E en la fórmula anterior nos queda:

$$V = \frac{K, VB'}{(S/E)^{**} T^n} = \frac{K, VB' E^{**}}{S^{10} T^n}$$

Y en ella haciendo:

$$(x - y)^{1/2} = g$$

$$(x + y)/2 = 1$$

$$VB' K, = 60/S$$

Nos queda finalmente:

$$V = \frac{K (E/5)^*}{S(T/60)^*}$$

(11)

En la que:

K Es la velocidad de corte en m/min. cuando:

$$S = 1 \text{ mm}^2$$

$$E = 5$$

$$T = 60 \text{ min.},$$

g = 0.14 para aceros.

0.10 para fundiciones;

f = 0,28 para aceros.

0,20 para aceros

N = 0.15 para aceros rápidos

0,30 para carburos metálicos

0,70 para herramientas de cerámica

La fórmula (11) está calculada para trabajos de torneado y análogos; los valores de K y las potencias de S, E y T están calculados y tabulados para el mecanizado de aceros y fundiciones, mediante herramientas de acero rápido y metal duro en la tabla (1). En la tabla (2) se proporcionan los valores correspondientes a materiales no ferrosos

La geometría de la herramienta de corte utilizada, para el cálculo de los parámetros de corte de la tabla (1) es la de la tabla (3). En ella, se especifican también los coeficientes, pro los que hay que multiplicar la velocidad de corte, dependiendo de la operación realizada y del tipo de trabajo.

Tabla 1: Valores de K para aceros y fundiciones

Dureza Brinell HB	Resistencia a la tracción daN/mm ²	Mecanizado de acero con herramienta de metal duro				Mecanizado fundición con herramienta de metal duro			
					A.R. 16-18%W			A.R. 16-18%W	
		Mat. buena calidad	Mat. calidad media	Mat. antiguo	(Ver tabla 2)	Fundición nodular	Fundición maleable	(Ver tabla 2)	
100	35	361	282	150	85	-	240	50	
125	44	283	213	113	64	-	200	40	
150	53	224	169	90	51	-	160	35	
175	61	183	138	73	42	220	130	30	
200	70	150	113	60	34	125	100	25	
225	79	133	100	53	30	90	80	20	
250	87	113	85	45	26	70	60	-	
275	96	101	76	41	23	65	45	-	
300	105	89	67	36	20	65	70	-	
325	117	84	63	33	-	-	-	-	
350	122	76	57	30	-	-	-	-	
375	133	68	51	27	-	-	-	-	
400	140	63	47	25	-	-	-	-	

Tabla 2: Constante modificadora Kv para Acero Rápido

El valor de Kv se multiplica a K si el A.R. es diferente al 16-18% de W

Tipo de A.R.	%W	%Cr	%V	%C	%Co	%Mn	Coeficiente Kv		
							sín riego	con riego medio	máximo
14-4-1	14	4	1	0,7 a 0,8	-	-	0,83	1,04	1,17
18-4-1	18	4	1	0,7 a 0,75	-	-	0,94	1,18	1,32
18-4-2	18	4	2	0,8 a 0,85	-	0,75	1,00	1,25	1,40
18-4-2	18	4	2	0,8 a 0,85	10	0,75	1,28	1,60	1,80
18-4-3	18	4	3	0,85 a 1,1	-	-	1,08	1,35	1,51
20-4-2	20	4	2	0,8 a 0,85	18	1,00	1,33	1,67	1,86

Tabla 3: Exponentes de la ecuación de Kronenberg (férreos)

	Herramienta de metal duro			Herramienta de acero rápido	
	H. de media o alta calidad sobre acero	H. normal sobre acero	Sobre fundición	Sobre acero	Sobre fundición
F	0,28	0,28	0,20	0,28	0,20
G	0,14	0,14	0,10	0,14	0,10
N	0,30	0,67	0,25	0,15	0,25

CAPITULO 4

4.- ENFOQUE DE PROGRAMACION

La automatización de los procesos de mecanizado a través de los años ha producido avances en la Industria Manufacturera . Todo esto ha sido posible gracias a las diferentes tecnologías en el campo de la electromecánica como son: De tipo Mecánico , eléctrico, neumático, hidráulico, electromagnético hasta lo que hoy se conoce como Micro electrónica que manejan a las máquinas

El uso de las computadoras en el mecanizado es el elemento principal que permite lograr la automatización integral de los procesos mecánicos . La aparición de la microelectrónica y los microprocesadores ha facilitado el desarrollo de técnicas de control complejas . Todos estos elementos dan como resultado la reducción

de costos , el aumento de la productividad y la mejora en la calidad del producto, estos últimos tiempos, los técnicos han buscado nuevas formas de mejorar los procesos mecanizados.

A partir de 1,945 , se desarrolla tecnologías que permiten automatizar los procesos mecánicos.

Hablar de control numérico es un tema que no es nuevo dichas máquinas aparecieron hace 66 años . cuando la información entre el técnico y la máquina se hacía por tarjeta perforada . En los EEUU en el año 52 se diseña una fresadora que combina sus tres movimientos en forma simultanea dándose con ello un nuevo perfil en el espacio, a partir de esta fecha el nombre de Control Numérico , viene reemplazado por una nueva generación de máquinas herramientas llamadas "Control Numérico Computarizado (CNC) , debido a que en su estructura se ubica un computador, que es el encargado de facilitar toda la información numérica para el funcionamiento de sus distintos ejes, herramientas de corte, y mesas de sujeción

Debemos señalar las ventajas que se consigue al trabajar con máquinas CNC, y son las siguientes:

- Alta precisión
- Flexibilidad en la producción

- Posibilidad de trabajar piezas complejas
- Mayor eficiencia en la producción
- Mayor seguridad

Por todos estos motivos se recomienda que la Industria Nacional, adopte una política de uso y difusión de este tipo de máquinas

4.1. RESEÑA HISTORICA DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

La idea de controlar un aparato a través de ordenes continuas CNC, comienza con Joseph M Jacquard, que utilizo tarjetas perforadas en 1808. Para producir piezas para los mosquetes estos se fabricaban de una pieza patrón al utilizar el torno que creo T. Blanchard en 1822, M-Fourneaux, patento el plano automático , conocido con el nombre de pianola, 1863, utilizando una cinta de papel de 30 cm de ancho, las teclas del piano eran accionadas por el aire , el cual atravesaba la cinta por medio de agujeros , posteriormente fue mejorando de tal manera que el timbre, el tono y la velocidad del rollo de papel podían ser controlados

Laude E. Bañón, durante su trabajo de doctorado en el MIT (Massachussets Instituta Of. Technologies) , llego a la conclusión de que el cálculo y la transmisión veloz de datos solo era posible con la utilización del algebra Boleana, las bases de las actuales

computadoras , incluido el control numérico fueron conseguidas por John W. Mauchiy y J. Presper Eckert en 1948, ellos entregaron a la Fuerza Aérea Americana un sistema para máquinas herramientas para controlar directamente la posición del husillo por medio de un computador y suministro tres principios :

- ✓ Almacenar en tarjetas perforadas las posiciones calculadas del trayecto
- ✓ La máquina debería leer automáticamente las tarjetas perforadas
- ✓ Los servomotores pueden controlar el movimiento de los ejes

En el MIT se crea la primera maquina herramienta de Control numérico en 1952 una Cincinnati Hydrotel, con husillo vertical

El sistema de control fue construido con válvulas electrónicas y era capaz de realizar un movimiento simultaneo en los ejes (3D interpolación lineal y tomaba sus datos en el código binario mediante una cinta perforada

Benix en 1954 compro la patente de Parsons y construye el primer NC fabricado industrialmente

La fuerza aérea de los Estados Unidos , en 1960 instala la primera Fresadora de control numérico en sus talleres

En la Feria de Hannover ,la industria alemana mostro a los visitantes a dicho evento sus primeras maquinas herramientas de control numérico (NC) este eco sucedió en 1968.

En el año 1972, aparecieron los primeros controles numéricos CNC, que se instalaron con las micro computadoras , iniciándose de esta manera la nueva generación más eficiente del control numérico, por el cual se generaliza el uso de los microprocesadores en CNC

4.1.2 PROCESO MECANIZADO CNC

Las máquinas herramientas con control numérico (CN) aparecieron ante la necesidad de construir piezas para la industria aeronáutica.. Piezas como estas exigían la necesidad de desarrollar una máquina herramienta capaz de coordinar movimientos independientes en los tres ejes, al mismo tiempo en el momento de ejecutar el mecanizado , siguiendo una trayectoria definida y por lo consiguiente producir piezas tridimensionales de forma compleja, precisa y variada, todo esto sin la dirección del operador

Antes de conceptuar que es el control numérico haremos una comparación entre una máquina convencional y una de control

numérico, de modo que se conozca como se realiza el proceso de la fabricación de piezas. Con una máquina herramienta convencional el proceso es de la siguiente manera:

Al comenzar a mecanizar el operario parte de la lectura del plano correspondiente. Lo interpreta, e inicia todos los pasos que considera conveniente , (Selección de la velocidad de corte, herramienta de corte o mecanizado , etc) todo esto lo llevará a seguir un procedimiento de trabajo, controlado de operación en operación, las medidas para conseguir un resultado deseado. De esta forma se crea una relación estrecha entre el operador y la máquina, con posibles errores. Al término de la elaboración es necesario un control de calidad de la pieza

Sin embargo en una máquina herramienta con control numérico, el proceso de una pieza, cambia notablemente , tal es así que partiendo de un plano, tipo de material se procede a realizar una secuencia de pasos de cada una de las operaciones y además fase del ciclo de trabajo, una vez que se ha realizado todo el ciclo de trabajo, este se procede a convertir en una secuencia de códigos , con un lenguaje alfanumérico para máquinas herramientas, el cual va a contener toda la información necesaria para el mecanizado de una pieza

Luego de hacer esta comparación podemos decir que Control Numérico, es el control total del funcionamiento de la máquina para la elaboración de todos los movimientos de los ejes, husillo, encendido del refrigerante, cambio de herramientas, control de medidas etc., quienes son controlados electrónicamente por una unidad de gobierno. Además el concepto de numérico decimos porque la unidad de gobierno es necesario introducirlo a un programa con lenguaje alfanumérico (números y letras), con la información completa de todo el ciclo de trabajo, el cual es procesado por la máquina en forma de señales eléctricas.

En el control numérico computarizado (CNC) toda la estructura del CN ha revolucionado en la tecnología constructiva y en sus componentes desde el punto de vista de prestación, comunicación dando origen al CNC

Un sistema de control numérico es preparado de un modo de obtener cierta información que pueda ser más o menos amplia y variada, pero que no es posible la ampliación o la modificación de esta información inicialmente prevista con otros que pueden ser útiles a los problemas de elaboración nuevos que se presentan.

El CNC, permite la modificación de la información a través de integración mutuamente o sustitución de los programas de elaboración.

La unidad central de una estructura de CNC es una central donde los programas de gestión interna, escrito por el programador, o diseñador, tomando todas las precauciones de la información en el tiempo, permitiendo la inmediata utilización con las actividades adicionales y simplificando el proceso de programación, preparación y elaboración

4.1.3. ESTRUCTURA DE UNA MAQUINA HERRAMIENTA CNC

La unidad de gobierno (UG) comprende exteriormente un panel de mando y monitoreo, en el interior posee una cantidad microcomponentes entre los cuales observamos microcalculadores lógicos y aritméticos, así como memorias programables de almacenamiento de datos

El minicalcador lógico direccional el programa operativo que se encuentra cargado permanentemente en la memoria del calculador, puede variarse el programa operativo por lo que se usa memorias reprogramables. Al mini calculador aritmético le es asignada la tarea de el control del programa operativo , los programas de trabajo y determinada cantidad de datos tecnológicos y geométricos

Los programas de trabajo se encuentran en la memoria Editing, no volátil, son ingresados a ella a través de la unidad de entrada (Input), y durante la etapa de elaboración son llevados uno por vez a la memoria o buffer de trabajo del tipo volátil en el interior del minicalculador lógico.

Análogamente, datos como dimensiones reales de herramientas, orígenes e instrucciones de trabajo contenidos en la memoria dirigible de datos, no volátil, son diseccionados por el minicalculador lógico hacia el minicalculador aritmético a otras unidades.

Soporte de información es el medio que se utiliza para introducir los datos geométricos y tecnológicos a la UG, los tipos son los siguientes:

- Por cinta perforada
- Por cinta magnética
- Por computadora
- Por teclado manual
- Por CD Rom
- Por Disket

Movimientos tales como: giros del mandril o avances de ejes, son accionados por los servomecanismos siguiendo la secuencia del

programa de trabajo establecido , estos servomecanismos estan compuestos por : Motor y Accionamientos.

Los servomecanismos por ejemplo en movimientos circulares, reciben ordenes independientes de los otros, ordenes que están muy bien relacionados de tal forma que se asegure una efectiva regulación de la velocidad y la aceleración por esto es que sobre los servomecanismos recae responsabilidad en la precisión.

De acuerdo a su empleo se clasifican en :

- ✓ Con motores paso a paso
- ✓ Con motores a corriente continúa
- ✓ Con corriente alterna
- ✓ Con motores hidráulicos

Los transductores informa a la UG, mediante señales eléctricas, la posición física real e instantánea del órgano de comando, con el fin de compararla con la posición transmitida por la misma UG

De acuerdo a su principio y funcionamiento se clasifican:

- ❖ Transductores absolutos
- ❖ Transductores incrementales

❖ Transductores absolutos cíclicos

Mediante la reducción de los tiempos pasivos y los tiempos de preparación se logra disminuir en alrededor de 4 veces el tiempo empleado en arranque de viruta, labor que significa potencia adecuada al mandrill, variación y gama de velocidades de rotación y de avance para operar en optimas condiciones tecnológicas

4.1.4. CONDICIONES TECNOLOGICAS

Por otra parte la estructura y los órganos de transmisión poseen la rigidez que se traduce en la precisión de la forma geométrica generada y el buen acabado superficial , así como la reducción de vibraciones sin que esto signifique que debe poseer peso inútil. 1Un detalle importante es que la adecuada respuesta de las partes de movimientos están soportadas en la rigidez de la estructura h en los órganos de transmisión , por lo que la rigidez además de estática es dinámica de la cual depende la capacidad de arranque de la viruta

Las guías por lo general de acero o fundición templada

Con el fin de reducir la elasticidad, el juego, la inercia , el rozamiento y aumentar la rigidez es que la cadena cinemática de los avances cortos y diversos . Los servomecanismos controlados con motores DC, son los más difundidos pues garantiza alta calidad y poco mantenimiento

4.1..5 FABRICACION CON MAQUINAS HERRAMIENTAS Y CNC

Comprende los siguientes pasos:

- Estudio del plano de piezas
- Verificación de las piezas a mecanizar
- Acotado
- Elección de la máquina
- Estudio del dispositivo
- Selección de herramientas
- Confección del ciclo de trabajo
- Confección del manuscrito
- Perforación o introducción del programa
- Verificación del proceso y programa

La programación de las maquinas herramientas , los tipos de programación son los siguientes:

- Manual
- Paramétrica
- Automática

4.1.6. FUNCIONES DE PROGRAMACION

Son las secuencias de ordenes de letras y números que se traducen como un modo de mecanización y se agrupan:

- Tecnológicas
- Geométricas
- Generales
- Auxiliares

4.1.7 COMPONENTES DE UNA MAQUINA CNC

1) Control Numérico o Panel de Mando

Esta conformado por el monitor, el teclado de programación y el panel del operador

2) Eje de Desplazamiento

El centro de mecanizado CNC, tiene tres ejes principales: X Y Z y en algunas máquinas dos ejes secundarios

En el caso de los tornos CNC, tiene dos ejes principales que son X que Equivale a el diámetro y Z que corresponde a la longitud de la pieza

3) Husillo Principal

Para el caso de los centros mecanizados el cambiador de herramientas automatizado , alimenta al husillo, las herramientas necesarias para la ejecución de las operaciones programadas

En los tornos CNC, en el husillo se instala el mandrill o chuck, el elemento de sujeción de las piezas . Normalmente el mandril tiene un sistema autocentrante y de accionamiento hidráulico

4) Motor del husillo principal

En muchos casos acciona al husillo principal por intermedio de fajas de tipo en V, y un tacómetro que controla las RPM del husillo

5) Mesa de trabajo

La mesa de trabajo es movido por un tomillo que tiene un eje de esferas resiculante accionada a un motor directa o indirectamente

Las esferas resiculantes automáticamente por un chorro a presión de aire con aceite lubricante

6) Sistema de medición óptico

Las maquinas herramientas CNC, tienen como elemento de precisión a un sistema óptico bajo dos modelos:

❖ Regla óptica

Este modelo es un sistema de medición directa y como su nombre lo indica es de forma lineal. Su escala esta diseñada con miles de microventanas que permiten el paso de la luz, transformándose en una señal o impulso eléctrico que es procesado en la computadora NC, determinando con precisión de la mesa de trabajo

❖ Disco óptico

Es un sistema de medición indirecto formado por un disco rotativo que indirectamente traduce el movimiento angular en un desplazamiento lineal , este sistema generalmente esta unido al eje de esferas recirculante



Figura – 4-1 Máquina C.N.C.

4.1.8 EJECUCION DE PROGRAMAS

Ejecutar un programa implica realizar el mecanizado de la pieza por lo que es recomendable antes de hacer un ensayo para el cual se debe verificar lo siguiente:

- La correcta selección del programa
- Seleccionar las herramientas
- Usar correctores que correspondan a las herramientas

- El inicio del mecanizado debe ser en cero y tener posición correcta
- La ejecución en vacío del programa y las operaciones a realizar

4.1.8.1. Consideraciones para la preparación de una máquina herramienta con control numérico

Para empezar las operaciones de un programa hay que predisponer una máquina para elaborar determinadas piezas, se toma en cuenta las siguientes. Consideraciones:

- Presentación de las herramientas
- Cero máquina
- Correctores
- Manejo de la maquina

4.1.8 INSPECCIONES DE CONTROL

Desde el inicio del proceso hasta después del mecanizado de la pieza debe hacerse un control de calidad, en las maquinas herramientas con CNC y son:

- ✓ Control de medidas en bruto
- ✓ Dispositivos de control de medida
- ✓ Control de dispositivos de sujeción

- ✓ Control dimensional, geométrico y posición del producto

4.1.10 MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMERICO

Las maquinas CNC han alcanzado gran aceptación en la industria por lo siguiente

- ❖ Tornos y centros de torneado
- ❖ Fresadoras
- ❖ Centro de mecanizado vertical y horizontal ISO 40 y 50
- ❖ Electroerosionadoras

Pero además un CN tiene aplicación en

- Equipos para cortar planchas de acero con llama
- Equipos para tratamientos térmicos parcial por inducción
- Prensas
- Rectificadores cilíndricos o planas
- Maquinas de medición tridimensional
- Afiladoras de herramientas
- Soldadora por punto
- Punzonadora de planchas , etc.

- Son maquinas universales

4.1.13 VENTAJAS DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMERICO

Entre las principales ventajas de usar este tipo de maquinas tenemos:

- ✓ Producción
- ✓ Universalidad
- ✓ Automatización
- ✓ Flexibilidad

4.1.13.1 Automatización como una alternativa:

Como se ha visto las tendencias de globalización y segmentación internacional de los mercados , son cada vez más acentuados y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario , la automatización representa una alternativa que es necesario considerar

Los países de mayor desarrollo poseen una gran experiencia en cuanto a automatización los problemas que ellos enfrentan en la actualidad son características distintas a los nuestros, por lo cual es necesario precisar correctamente las siguientes perspectivas

1. Dificultades en la industria actual

Se puede mencionar:

- Existe cada vez una mayor exigencia en la precisión
- Los diseños son cada vez más complejos
- La diversidad de productos hace necesario la tendencia a estructuras de producción más flexibles
- Se tiende a incrementar los tiempos de inspección
- Los costos de fabricación de moldes es mayor y s hace necesario minimizar errores
- El tiempo de entrega de los productos tiende a ser más reducido

2. El ambiente de trabajo

El entorno del ambiente industrial s encuentra frecuentemente con situaciones tales como:

- ✓ Escasez de mano de obra calificada
- ✓ Producción masiva de múltiples modelo de un mismo producto
- ✓ Ambiente de producción y taller poco atractivo

4.1.14 CARACTERITICAS DEL CNC

La MNCN, posee las siguientes ventajas

- Mayor precisión y mejor calidad de productos
- Mayor uniformidad en los productos
- Un operario puede operar varias maquinas a la vez
- Fácil procesamiento de productos de operaciones complicadas
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en tiempo corto
- Fácil control de calidad
- Reducción en costos de inventario, traslado y fabricación en los modelos y abrazaderas
- Es posible satisfacer pedidos urgentes
- No se requieren operadores con experiencia
- Se reduce la fatiga del operador
- Mayor seguridad en las labores
- Aumento del tiempo de trabajo de corte por maquinaria
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cuál facilita la competencia en el mercado
- Fácil administración de la producción e inventario por lo cual permita la determinación de objetivos o políticas de la empresa
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que sea correcto

4.1.15 DESVENTAJAS DEL CNC

- ✓ Alto costo de la maquinaria
- ✓ Falta de opciones o alternativas en caso de fallas
- ✓ Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para el eficiente funcionamiento de la maquina
- ✓ Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es mas complicado y surge la necesidad de entrenar al personal
- ✓ Es necesario mantener gran volumen de producción a fin de lograr mayor eficiencia de la capacidad instalada

4.1.16 FACTOR HUMANO Y LAS MAQUINAS CNC

Se toma en cuenta conocimiento y habilidades que debe tener un operador CNC

- El operador deberá tener conocimiento d geometría, algebra y trigonometría
- Conocer sobre diseño y selección de herramientas de corte
- Dominar los métodos de sujeción
- Uso de instrumentos de medidas y conocimientos de metrología
- Interpretación de planos

- Conocimientos de la estructura de la maquina CNC
- Conocimientos del proceso de transformación de mecánica
- Conocimientos de programación CNC
- Conocimientos de mantenimiento y operación CNC
- Conocimientos generales de programación y computadoras personales

Existen algunos otros aspectos de tipo humano que se derivan de la utilización del control numérico y entre los que podemos mencionar

- Una persona puede operar varias maquinas simultáneamente
- Mejora el ambiente de trabajo
- No se requiere de una gran experiencia
- El programa tiene el control de los parámetros de corte

Todos estos aspectos pueden representar cambios culturales dentro del ambiente del Taller, pero si se es hábil la adaptación será bastante rápida

4.2.- PROCESO DE PROGRAMACION EN MAQUINAS HERRAMIENTAS

CNC

4.2.1.-CAD

CAD es un concepto global que resume todas las actividades en las que se utiliza la informática de forma directa o indirecta, dentro del marco de las actividades de desarrollo y diseño. En un sentido más estricto , esto se refiere a la generación gráfica-interactiva y a la manipulación de una representación digital de un objeto, por ejemplo mediante la preparación de un dibujo bidimensional o tridimensional.

Detalle:

- Establecimiento del esquema
- Cálculo
- Especificaciones del producto
- Simulación
- Establecimiento de la lista de piezas del diseño
- Cálculo previo de costos
- Servicio de modificaciones

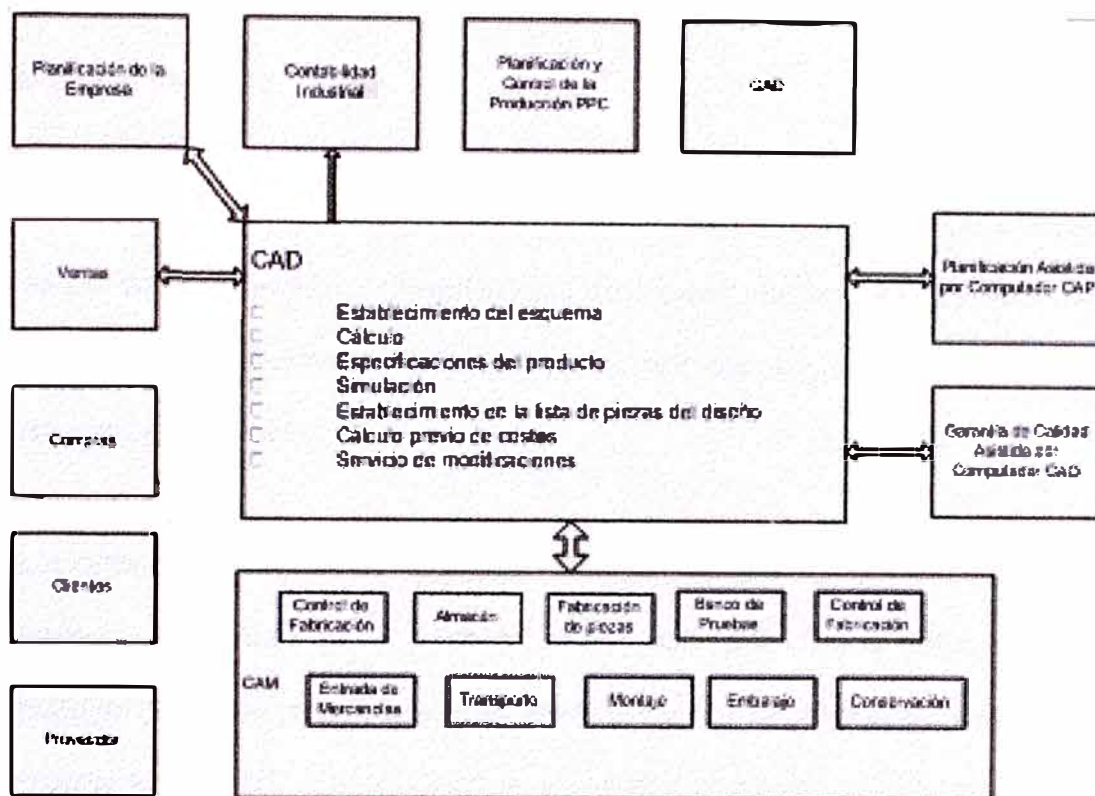


Figure -4-2 Funciones e Interfases del CAD

Por lo tanto, el CAD se entiende como un sistema informático de ayuda al diseño. El proyectista ya no trabaja sobre el tablero sino en la pantalla. Pueden aprovecharse los datos registrados en la base de datos sobre características de la producción, fórmulas, cuadros, etc. Además de los cálculos de diseño, pueden llevarse a cabo cálculo de costos previo, a fin de establecer la rentabilidad de las diferentes variantes de diseño.

A menudo el proyectista puede disponer de otras informaciones relativas a piezas disponibles, como piezas normalizadas, así como su utilización en otros productos. Mediante la utilización de sistemas CAD se puede reducir notablemente el tiempo de preparación de variantes de diseño y sus

adaptaciones, si bien en los diseños de nueva planta el ahorro de tiempo es prácticamente nulo.

Basándose en los requisitos establecidos, la sección de proyectos diseña y detalla la forma, función y dimensiones de piezas y subconjuntos, los calcula y simula eventualmente la interacción o el montaje. De ahí resulta la lista de despiece del proyecto.

Los métodos geométricos, dibujos y listas de piezas generados de esa manera se gestionan en la base de datos del CAD. Estos datos de diseño constituyen la base para el establecimiento de los procesos de trabajo CAP, la programación NC en el CAM y el establecimiento de los procesos de verificación CAQ y la documentación técnica.

La ventaja que ofrece la asistencia por computador, al establecimiento de los procesos, se encuentra fundamentalmente en el mantenimiento de los datos. El proyectista puede obtener directamente las informaciones necesarias de los ficheros de datos existentes (lista de piezas, catálogos de herramientas, medios de producción etc.), manteniendo de esta manera una visión de conjunto de los materiales existentes que pueden interesarle.



Figura – 4-3 Modelamiento CAD

La figura – 28 muestra el modelamiento de geometrías en CAD

4.2.2.-CAM

Los computadores han sido introducidos desde los años 60s en el proceso de control de manufactura industrial, tales como las plantas químicas (Texaco-polímeros), plantas de ensamblaje automotriz, refineries etc. En los últimos años el progreso en la tecnología de sistemas, software, electrónica, mecánica y potencia permiten el desarrollo de fábricas que elaboran una gran variedad de productos por jornada, utilizando los mismos equipos de producción.

Antes no era posible la elaboración de muchos productos debido a las técnicas mecánicas que se utilizaban, las cuales eran muy rígidas. Es por ello que se desarrollan las nuevas técnicas flexibles generadas por

computador, donde los nuevos sistemas denominados CAM dan una rápida solución, aunque presentan serios problemas económicos para su implementación.

Se crean nuevos métodos, abriendo paso a los sistemas de fabricación flexible (FMS), a la fabricación autónoma (AM), los sistemas de inteligencia artificial (ISIS) y las células transportables (Transcell).

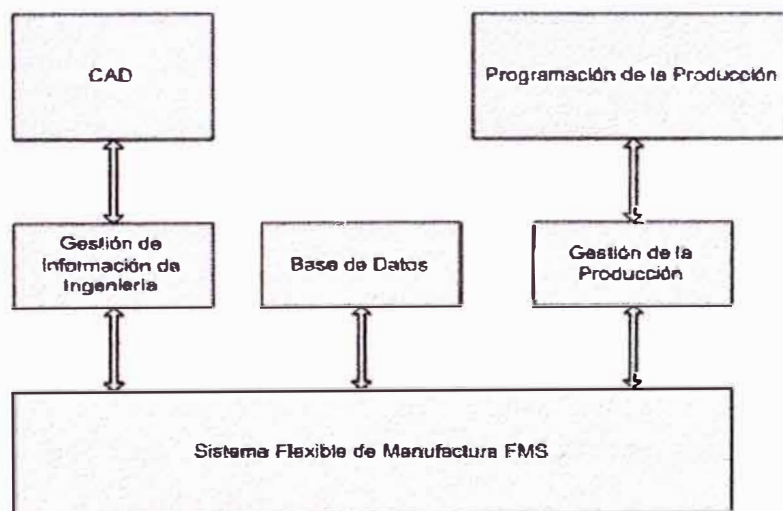


Figura.4-4 Diagrama básico de CAM

Se denomina CAM al control y supervisión técnica, asistidos por computador, de los medios de producción empleados en la fabricación de los objetos. Esto se refiere al control directo de las instalaciones técnicas de proceso,

medios de producción, equipos de manipulación y sistemas de transporte y almacén.

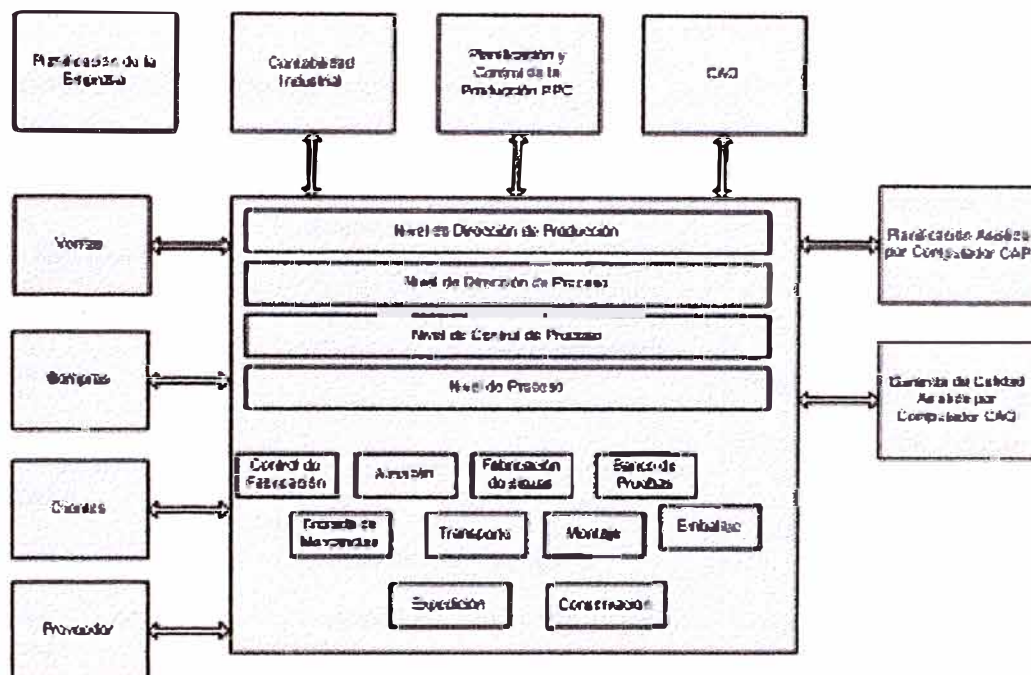


Figura 4-5

El ámbito del CAM se encuentra en el ámbito operativo y logístico de la producción de una empresa. Abarca todos los detalles que pueden describirse utilizando los conceptos de fabricación, flujo de materiales y conservación, lo que incluye la automatización de todos los campos próximos a la producción desde la entrada de mercancías, almacén, fabricación de piezas y montaje, hasta las secciones de verificación y expedición.

El ámbito del CAM puede subdividirse en cuatro niveles. Las funciones más importantes de los tres niveles superiores se pueden ver en el cuadro siguiente. El cuarto nivel (nivel de proceso) es el nivel de interfaz entre la electrónica y la mecánica. Está formado por actuadores (motores, solenoides, contactores relés etc) y los sensores.

Nivel de Dirección de la Producción (funciones logísticas)	Nivel de Dirección de Procesos (funciones operativas)	Nivel de Control de Proceso
Planificación, control de disponibilidad y reserva de: Herramientas Máquinas Materiales Personal Medios de transporte	Distribución de las órdenes de trabajo entre las distintas máquinas y puestos de trabajo. Seguimiento del avance. Lanzamiento de materiales, abastecimiento de máquinas. Activación de transporte. Tratamiento previo de datos de taller. Supervisión de células. Diagnóstico.	Control de los sistemas de mecanizado y transporte. Supervisión de máquinas. Obtención de datos de taller (PDA). Obtención de datos de máquina (MDA). Diagnóstico.

4.2.2.1 NIVELES DEL CAM

Tiene la función de recopilar todos los datos necesarios de la organización del taller y ponerlos a disposición del control de fabricación en forma resumida y adecuada para su tratamiento

Para el control de fabricación es importante disponer en todo momento de datos actualizados, referidos a ordenes de trabajo, maquinas y materiales (control de avance de las ordenes de trabajo)

El ambito del CAM, puede subdividirse en cuatro niveles, Uno de ellos es: Nivel de Dirección de la Producción, que consiste en la planificación, control de disponibilidad y Reservas de herramientas, maquinas, materiales, personal y medio de transporte

4.2.3.- CNC (Control Numérico Computarizado / CNC)

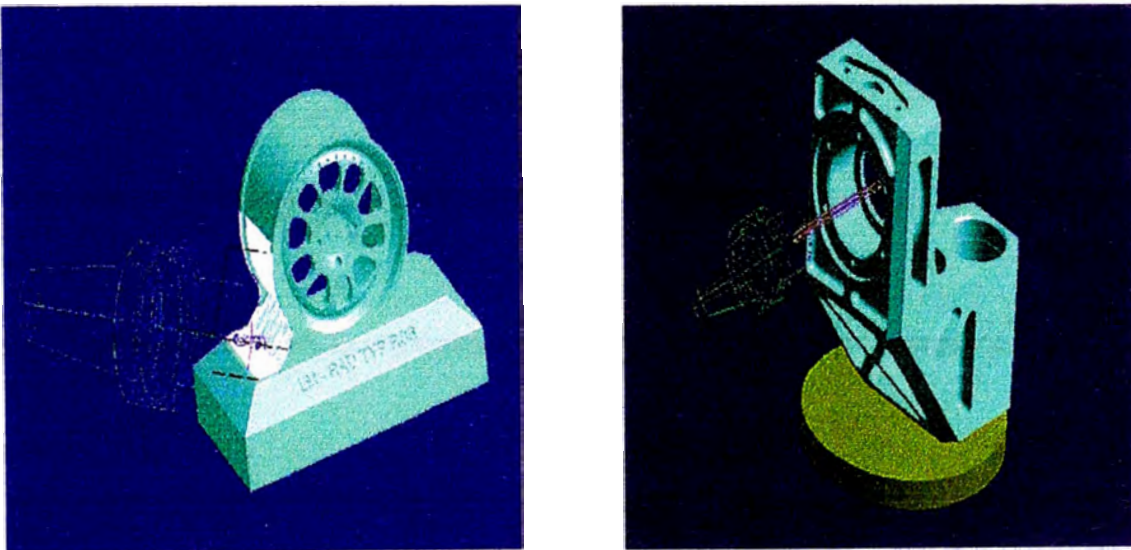


Figura – 4-6 Simulación de proceso de mecanizado usando software CAM

Se considera de **Control Numérico por Computador (CNC)** a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

Para maquinar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificaran el movimiento de la herramienta de corte.

Las operaciones de maquinado que se pueden realizar en una máquina CNC son operaciones de torneado y de fresado. Sobre la base de esta combinación es posible generar la mayoría (si no son todas) las piezas de industria.

Este es sin duda uno de los sistemas que ha revolucionado la fabricación de todo tipo de objetos, tanto en la industria metalúrgica como en muchos otros ámbitos productivos.



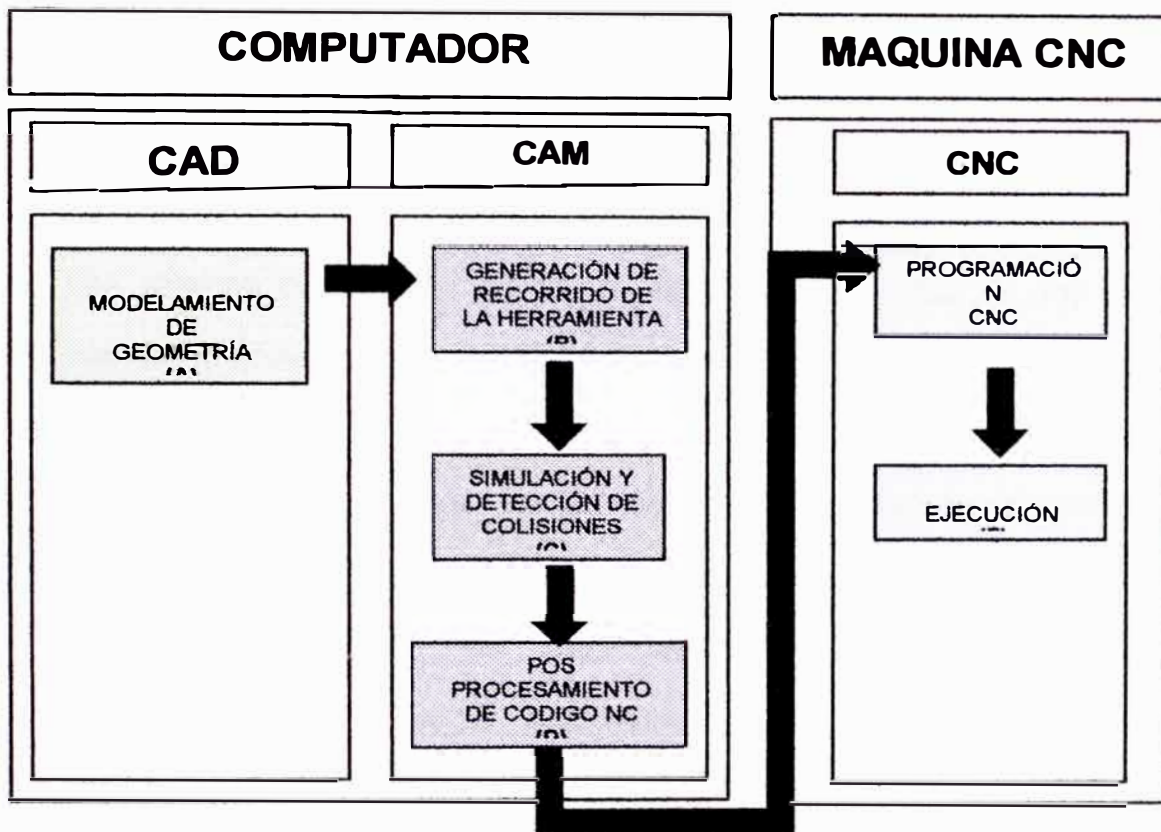
Figura – 4-7Máquina cnc

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la maquina, 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 torreta. En el caso de las fresadoras se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Y. Para ello se incorporan motores eléctricos 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.

Aparte de las máquinas-herramienta para modelar metales, el CNC se aplica también en la fabricación de muchos otros productos de ebanistería, carpintería, etc. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas-herramienta han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional. Finalmente el uso de CNC imparte los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad.

**DIAGRAMA DE FASES DE PROCESO
CAD / CAM / CNC**



NOTA

A = El diseño es elaborado por el área de Investigación y desarrollo I&D

B = La generación del recorrido de la herramienta es elaborado por el área de Mecánica

C = Se simula el proceso de recorrido de la herramienta y la detección de colisiones en la máquina

D = El pos procesamiento de los programas tiene que tener características muy particulares para cada tipo de control

E = El proceso en planta en donde el operario regula la máquina para su ejecución con el programa CN

F = Proceso final donde se lograr mecanizar la pieza

4.2.4 TORNO CNC

Los mismos principios usados en la operación manejo de una maquina manual o convencional , son usados en una maquina programable NC o CNC. La diferencia principal es que en vez de mover manivelas hasta colocar una guía en cierto punto, la distancia de ese mismo punto será almacenada una sola vez en la memoria del control de la maquina . Después de esto, el control moverá la maquina automáticamente a estas posiciones cada vez que se ejecute el programa. Los principios de operación y programación necesarios para operar la máquina .

En una maquina NC (Numerically Controlled = Controlada numéricamente) o sea la cuchilla de corte se controla con un sistema de códigos que permite operarla con poca o ninguna supervisión personal y con mucha repetición. CNC es el mismo tipo de sistema de trabajo, con la excepción de que la maquina herramienta esta supervisada por una computadora. El término CNC (Computerized Numerical Control =Control Numérico Computarizado.

La operación del torno horizontal requiere que una parte del programa sea diseñado escrito, e introducido en la memoria del control, la manera más común de escribir los programas para las partes es fuera de la línea de comunicación, es decir en un equipo separado del CNC, donde el programa pueda almacenarse y posteriormente pueda transmitirse al control del CNC. La manera más común de transmitir el programa de una pieza al CNC es por medio de una interconexión RS – 232. El torno tiene una interconexión RS- 232, que es compactible con la mayoría de las computadoras y CNC existentes. Si una persona planea operar y programar una maquina controlada con CNC, ese técnico debe tener conocimientos básicos en operaciones de maquinado manual y conocimientos elementales de matemáticas, trigonometría, dibujo técnico, etc.

La persona necesita familiarizarse con el tablero de control y la posición de las teclas, los interruptores, pantallas, relacionadas con la operación de la maquina

4.2.5 FRESADORA CNC

Una **fresadora** es una máquina-herramienta utilizada para dar formas complejas a piezas de metal u otros materiales. Son máquinas que pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones de mecanizado complejas, como cortes de ranuras, planificación, perforaciones, encaminado, etcétera.

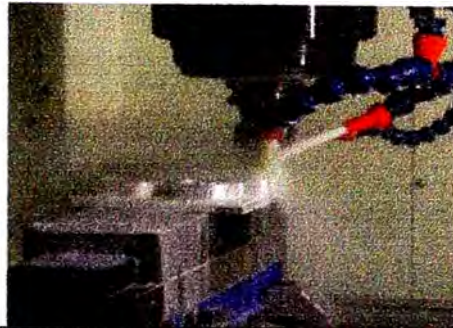


Figura – 4-8 Mecanizado

Dependiendo de la complejidad de la fresadora, ésta puede, o no, tener un controlador electrónico el cual sea capaz de recibir instrucciones para su operación automática.

Los movimientos en el trabajo realizado con una fresadora observan el dictado de los planos cartesianos; pues en un caso sencillo, dígase de una fresadora manual, la acción será la de una vertical o una horizontal, más en una máquina más sofisticada, la dirección de movimientos puede ser combinada, aún en mayor cantidad de movimientos axiales, los cuales se subscriben a la regla de la mano derecha.

Su forma básica es la de un cortador rodante que gira en el eje vertical. El cortador se puede mover en tres dimensiones y, en muchos casos, lo puede hacer con diversas orientaciones con relación a la pieza a mecanizar. Esto contrasta con el taladro, que sólo se puede mover en una dimensión mientras corta.

El movimiento a lo largo de la superficie de la pieza a mecanizar se lleva a cabo, generalmente, mediante una tabla móvil en la que se monta la pieza a mecanizar, preparada así para moverse en dos dimensiones. Se puede operar las máquinas fresadoras tanto manualmente como mediante control numérico por computadora o CNC.



Figura – 4-9 Máquina CNC

4.2.6 INSTRUCCIONES A LA MAQUINA Y CODIGOS DE PROGRAMACIÓN

En la programación para el mecanizado por fresadora se debe tener siempre presente la realidad física y las limitaciones de la máquina; esto significa que el trabajo a ser realizado sobre el material debe ser paulatino y precavido, directamente con relación a las dimensiones y al tipo de material a ser trabajado, cuidando de no chocar los componentes mecánicos, ni pedir o esperar que la máquina, ni sus herramientas de corte, logren hacer más de su capacidad, específicamente, por resultado de la instrucción o comando

por no tener los parámetros ó valores debidos; por ejemplo, la velocidad con la que debe cortar, o la profundidad de corte en referencia al diámetro y material de la misma herramienta de corte; éstas son variables importantes, como lo son también las revoluciones por minuto (r.p.m.).

Por ser un proceso de fabricación en el que el material es transformado por el desprendimiento o arranque de partículas del mismo, es muy común el empleo de un agente enfriador, el cual aporte cualidades lubricantes; por ejemplo, el aceite soluble en agua. Por esto, en el código para programación, se encuentra una instrucción específica para accionar y otra para parar el chorro dirigido.

Algunos de los códigos G y M para programación, pueden ser comunes entre muchas de las máquinas, y otros dependerán de cada máquina y sus controladores.

4.2.7 TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA

La transferencia del programa que dicta las instrucciones a ser ejecutadas por la fresadora llega al controlador de ésta en una de varias formas. (Obviamente la fresadora tiene que tener el controlador electrónico para que pueda haber un programa "leído").

El programa puede ser editado línea por línea en la máquina por el operador.

La información puede ser desmontada utilizando un disco o artefacto de memoria portátil.

El programa puede ser bajado directamente del ordenador por vía de la conexión ad-hoc.

4.2.8 PARTES DE LA FRESADORA CNC

Interruptor marcha/paro.

Guía de profundidad.

Bloqueo de la guía de profundidad.

Porta-fresas de 6 u 8 mm.

Guía paralela.

Sistema de aspiración.

Sistema de bomba de agua

CAPITULO 5

PROYECTO DE MECANIZACION

Las aplicaciones sobre la teoría de mecanizado se va aplicar a un ejemplo de mecanizado en el cual se procederá a efectuar la evaluación de tiempo de mecanizado bajo tres criterios los cuales son los siguientes:

- Criterio de Máxima Economía
- Criterio de máxima producción
- Criterio de promedio

Cada criterio esta enfocado a diferentes variables dentro de un proceso de mecanizado los cuales los mencionamos a continuación

- **Criterio de Máxima Economía.**- Este criterio busca la optimización de los costo dentro del proceso de mecanizado

- **Criterio de máxima producción.**- Este criterio busca la maximización del proceso de producción
- **Criterio de promedio.**- Este criterio busca evaluar los criterio anterior y en función a este efectúa un promedio de las condiciones de los otros criterios

5.1.-CALCULO DE EJEMPLO-1

En un torno paralelo se desea efectuar el mecanizado de una brida como se muestra en la Lamina – 001 para el proceso de mecanizado se plantea un profundidad de corte de 2 mm por pasada y 180 mm de longitud desarrollada en el mecanizado en 100 piezas de acero al carbono con una resistencia a la tracción de 61 kg/mm² y 160 mm de diámetro exterior. La operación se realiza aplicando un avance de 0.6 mm/vuelta y un ángulo de inclinación de la herramienta de 75°.

DATOS:

Coste operario: 5.0 soles/hora

Coste máquina: 30. soles/hora

Herramienta de acero duro de alta calidad con tres filos no reafilables

Coste plaquita: 10 soles

Tiempo de sustitución de la plaquita: 2 minutos

Tiempo de giro de la plaquita: 30 segundos

Tiempo no productivo por pieza: 1 minuto

5.1.1 Cálculo

Parámetros económicos

Costeo de Maquina y Costo de operario

Costeo de Operario = 5

Costeo de Maquina = 30

$$X = \text{Coste de operario} + \text{Coste de máquina}$$

$$X = 35 \text{ UM/Hr}$$

5.1.2 COSTEO DE HERRAMIENTA

Costo de plaquita = 10 UM

Filos de Placa = 3

Costeo de porta herramienta = 0 UM

Plaquetas por porta 1

$$Y = \frac{\text{Costo de Plaquita}}{\text{N}^\circ \text{ de fillos por placa}} + \frac{\text{Costo de porta herramienta}}{(\text{PL. por porta Fillos por PL})}$$

$$Y = 3.33 \text{ UM}$$

Relación de velocidad de corte – Vida de la herramienta

$$V = \frac{K * (E / 5)^g}{S^f * (T / 60)^n}$$

Los datos que se consideran para la aplicación de la teoría de Kronenberg son :

$$K = 183 ;$$

$$f = 0.28 ;$$

$$g = 0.14 ;$$

$$n = 0.3$$

$$a = 0.6 ;$$

$$P = 2.00$$

$$\begin{aligned} S &= b \cdot h \\ E &= b / h \\ h &= a \cdot \text{sen } x \\ b &= p / \text{sen } x \end{aligned}$$

$$E = 3.5727;$$

$$S = 1.200;$$

5.1.3 CALCULO DE TIEMPO DE REPOSICIÓN DEL FILO

$$\text{Trf} = \frac{\text{T. Sustitución Plaquita}}{\text{N}^\circ \text{ fillos por Plaquita}} + \frac{\text{T. Giro plaquita N}^\circ \text{ giros}}{\text{N}^\circ \text{ fillos por Plaquita}}$$

$$t. \text{ sustitución plaquita} = 2 \text{ min}$$

$$\text{fillos de plaquita} = 8$$

$$t. \text{ giro de plaquita} = 0.5 \text{ min}$$

$$\text{N}^\circ \text{ giros} = \text{N}^\circ \text{ fillos} - 1$$

$$T_{rf} = 0.6875 \text{ min}$$

5.1.3.1. CRITÉRIO DE MÁXIMA ECONOMIA

$$T_{me} = \frac{1-n}{n} - \frac{X - T_{rf} + Y}{X}$$

$$T_{me} = 14.9374 \text{ min}$$

$$V = \frac{K * (E/S)^9}{S^f * (T/60)^n}$$

$$V = 251.7719 \text{ m / min}$$

Calculo de la longitud de pieza a mecanizar

Datos

Longitud total de mecanizado = L = 180 mm.

Diámetro máximo de la pieza a mecanizar = D = 160 mm.

Avance de la herramienta = a = 0.6 mm./rev.

$$T_c = \frac{L}{a * n} = \frac{L * \pi * d}{a * 1000 * v}$$

$$T_c = 0.5989$$

Calculo por filo = Np

$$N_p = T / t_c = 24$$

Filos por lote = Nah

$$N_{ah} = N / n_p = 5$$

Piezas por lote = N

$$N = 100$$

Tiempo no prod

$$T_{np} = 1 \text{ min}$$

5.1.3.2 CALCULO DE TIEMPO Y COSTO

$$T_p = T_{np} + T_c + (N_{ah} / N) * T_{rf}$$

$$T_p = 1.63 \text{ (min)}$$

$$C_p = X * T_{np} + X * T_c + (N_{ah} / N) * (X * T_{rf} + Y)$$

$$C_p = 1.12 \text{ (um / pieza)}$$

$$T_N = (N * T_{np}) + (N * T_c) + (N_{ah} * T_{rf})$$

$$T_N = 163.33 \text{ min}$$

$$C_n = X * (N * T_{np} + N * T_c + N_{ah} * T_{rf}) + N_{ah} * Y$$

$$C_N = 111.94 \text{ UM / Lote}$$

5.1.3.3. CRITÉRIO DE MÁXIMA PRODUCCION

$$T_{me} = \frac{1-n}{n} - \frac{X - T_{rf} + Y}{X}$$

$$T_{me} = 14.9374 \text{ min}$$

$$V = \frac{K * (E / S)^9}{S^T * (T / 60)^n}$$

$$V = 251.7719 \text{ m / min}$$

Calculo de la longitud de pieza a mecanizar

Datos

Longitud total de mecanizado = L = 180 mm.

Diámetro máximo de la pieza a mecanizar = D = 160 mm.

Avance de la herramienta = a = 0.6 mm./rev.

$$T_c = \frac{L}{a * n} = \frac{L * \pi * d}{a * 1000 * v}$$

$$T_c = 0.5989$$

Calculo por filo = Np

$$N_p = T / t_c = 5$$

Filos por lote = Nah

$$N_{ah} = N / n_p = 20$$

Piezas por lote = N

$$N = 100$$

Tiempo no prod

$$T_{np} = 1 \text{ min}$$

5.1.3.4 CALCULO DE TIEMPO Y COSTO

$$T_p = T_{np} + T_c + (N_{ah} / N) * T_{rf}$$

$$C_p = X * T_{np} + X * T_c + (N_{ah} / N) * (X * T_{rf} + Y)$$

$$C_p = 1.51 \text{ (um / pieza)}$$

$$T_N = (N * T_{np}) + (N * T_c) + (N_{ah} * T_{rf})$$

$$T_N = 144.42 \text{ min}$$

$$C_n = X * (N * T_{np} + N * T_c + N_{ah} * T_{rf}) + N_{ah} * Y$$

$$C_n = 150.91 \text{ UM / Lote}$$

5.1.3.5 CRITÉRIO DE PROMEDIO

$$T_{me} = 8.27 \text{ min}$$

$$V = 372 \text{ m / min}$$

Calculo de la longitud de pieza a mecanizar

Datos

Longitud total de mecanizado = $L = 180 \text{ mm}$.

Diámetro máximo de la pieza a mecanizar = $D = 160 \text{ mm}$.

Avance de la herramienta = $a = 0.6 \text{ mm./rev}$.

$$T_c = \frac{L}{a * n} = \frac{L * \pi * d}{a * 1000 * v}$$

$$T_c = 0.4054$$

Calculo por filo = N_p

$$N_p = T / t_c = 20$$

Filos por lote = N_{ah}

$$N_{ah} = N / n_p = 5$$

Piezas por lote = N

$$N = 100$$

Tiempo no prod

$$T_{np} = 1 \text{ min}$$

5.1.3.6 CALCULO DE TIEMPO Y COSTO

$$T_p = T_{np} + T_c + (N_{ah} / N) * T_{rf}$$

$$T_p = 1.44 \text{ (min)}$$

$$C_p = 1.01 \text{ (um / pieza)}$$

$$C_p = X * T_{np} + X * T_c + (N_{ah} / N) * (X * T_{rf} + Y)$$

$$TN = (N \cdot T_{np}) + (N \cdot T_c) + (N_{ah} \cdot Trf)$$

TN = 143.98 min

$$Cn = X \cdot (N \cdot T_{np} + N \cdot T_c + N_{ah} \cdot Trf) + N_{ah} \cdot Y$$

CN= 100.65 UM / Lote

5.1.4 PROCESO DE MECANIZADO EMPLEANDO UN SOFTWARE CAM

DATOS DEL PROCESO DE MECANIZADO

- Código de placa = CNMA120408 UC5015
- Código de porta herramienta = PCLNR
- VC = 200
- F = 0.25 mm. / rev.

5.1.5 PROGRAMA GENERADO POR EL SOFTWARE CAM

*TIEMPO DE MECANIZADO TOTAL = 18.634

*FECHA DE PROGRAMA = 10/23/06

*POSTPROCESADOR =HAAS_HL40

*HORA DE GENERACION DE PROGRAMA = 17:37:07

* NOMBRE DE ARCHIVO CAD = BRIDA.PPF

%

O0001

(1)

N10 T0101

N20 G0 X250.

N30 G0 Z150.

N40 G50 S1500

N50 G96 S200 M3

N60 M8

N70 F0.2

N80 G0 X170. Z300.

N90 G0 X170. Z10.

N100 G72 P110 Q130 D1.5 U1. W0.5 F0.25

N110 G0 Z0.

N120 G1 X98. Z0.

N130 G1 X58. Z0.

N140 G0 X170. Z2.

N150 G72 P160 Q200 D1.5 U1. W0.5 F0.25

N160 G0 Z-10.

N170 G1 X156. Z-10.

N180 G1 X110. Z-10.

N190 G3 X100. Z-5. R5.

N200 G1 X100. Z1.

N210 G0 X170. Z-5.

N220 G71 P230 Q250 D1.5 U0. W0. F0.25

N230 G0 X160.

N240 G1 X160. Z-9.

N250 G1 X160. Z-31.

N260 G0 X170. Z5.

N270 Z50.

N280 G0 X250.

N290 G0 Z150.

N300 M05

N310 T0202

N320 G50S1500

N330 G96 S200 M3

N340 M8

N350 F0.2

N360 G0 X600. Z10.

N370 G0 X50. Z10.

N380 G71 P390 Q410 D1.5 U1. W0.5 F0.25

N390 G0 X60.

N400 G1 X60. Z2.

N410 G1 X60. Z-32.

N420 G0 Z50.

N430 G0 X250.

N440 G0 Z150.

N450 M05

N460 T0303

N470 G50S1500

N480 G96 S400 M133

N490 M8

N500 F0.2

N510 M05

N520 M14

N530 G0 X0. Z50.

N540 G0 X0. Z10.

N550 G98

N560 M05

N570 M15

N580 G0 X67. Z5. P225. F250.

N590 G98

N600 G0 X67. Z5.

N610 G98

N620 M14

N630 M19 P225.

N640 M133 P400

N650 G1 X67. Z-22.0 F250.0

N660 G0 Z-7.0

N670 G1 Z-38.506

N680 M05

N690 M14

N700 G0 X0. Z20.

N710 G98

N720 M05

N730 M15

N740 G0 Z50.

N750 G0 X250.

N760 G0 Z150.

N770 M05

N780 T0404

N790 G50S1500

N800 G96 S400 M3

N810 M8

N820 F0.2

N830 G0 X170. Z300. F0.25

N840 G0 X170. Z10.

N850 G87 P1130 Q1140 U0. W0.

N860 G1 X160. Z-8.

N870 G1 X160. Z-32.

N880 G0 X162.828 Z5.

N890 G0 X110. Z5.

N900 G87 P1180 Q1190 U0. W0.

N910 G1 X106. Z0.

N920 G1 X54. Z0.

N930 G0 X56.828 Z4.

N940 G0 X100. Z4.

N950 G87 P1230 Q1240 U0. W0.

N960 G1 X95.172 Z1.414

N970 G1 X102.828 Z-2.414

N980 G0 X102.828 Z5.

N990 G87 P1270 Q1310 U0. W0.

N1000 G1 X100. Z1.

N1010 G1 X100. Z-5.

N1020 G2 X110. Z-10. R5.

N1030 G1 X156. Z-10.

N1040 G1 X162.828 Z-13.414

N1050 G0 X165.657 Z20.

N1060 Z50.

N1070 G0 X250.

N1080 G0 Z150.

N1090 M05

N1100 T0505

N1110 G50S1500

N1120 G96 S400 M3

N1130 M8

N1140 F0.2

N1150 G0 X600. Z20. F250.

N1160 G0 X50. Z20.

N1170 G87 P1450 Q1460 U0. W0.

N1180 G1 X64.828 Z1.414

N1190 G1 X57.172 Z-2.414

N1200 G0 X54.343 Z5.

N1210 G87 P1490 Q1500 U0. W0.

N1220 G1 X60. Z3.

N1230 G1 X60. Z-33.

N1240 G0 X30. Z-31.586

N1250 G0 X30. Z20.

N1260 Z50.

N1270 G0 X250.

N1280 G0 Z250.

N1290 M09

N1300 M05

N1310 M30

%

CAPITULO 6

EVALUACION ECONOMICA

En el cuadro siguiente se muestra el cuadro de comparación de las opciones de diferentes tipos de mecanizado

TABLA - 1 / CUADRO RESUMEN DE SIMULACION			
N°	VARIABLE	EXP-1	EXP-2
1	X UM / MIN	0.58	0.58
2	Y UM	3.33	3.33
3	N	0.3	0.3
4	V m / min	251.77	491.72
5	T min	14.94	1.6
6	Piezas Lote	100	100
7	Tnp min	1	1
8	Tp min	1.63	1.440
9	Cp UM / Pieza	1.12	1.51
10	Tn min	163.33	144.42
11	Cn UM / Lote	111.97	150.91
12	Criterio	Max. Econ.	Max. Produc.
13	Operación	Cilindrado	Cilindrado

En la **TABLA – 1** se muestra el resumen de todas las simulaciones efectuadas en el proceso de mecanizado, bajo los diferentes criterios de mecanizado

Experimento –1

Como podemos observar en el experimento 1, la velocidad de corte es menor, pero el tiempo de mecanizado, es mayor. Bajo este enfoque buscamos la máxima economía en los costos de las herramientas.

Experimento – 2

Como podemos observar en el experimento 2, la velocidad de corte es mayor, pero el tiempo de mecanizado es menor, pero el tiempo de vida de la herramienta es menor. La respuesta es que se puede dar respuesta mas rápida a un proceso de mecanizado.

La aplicación de otras técnicas de Optimización deben ser consideradas, ya que estas teorías están enfocadas al Proceso de Mecanizado, Pero no a la Planeación de Control de la Producción

6.1 CASO DE APLICACIÓN DE OPTIMIZACIÓN

Caso de aplicación de optimización de un proceso de mecanizado empleando el software Lindo en función a los costos y tiempos de mecanizado

La empresa **ABCD S.A.** es una industria que se encarga de fabricar piezas mecánicas como son el caso de

- Bridas
- Ejes de transmisión
- Bocinas

La empresa cuenta con tres Secciones de Producción las cuales son las siguientes:

- Maquinado
- Control
- Armado

Las cuales las expresaremos en función a las Horas las cuales se emplean para fabricar los mencionados artículos.

El objetivo de esta empresa es saber cuantos unidades de cada producto debe producir

Para lograr un mayor beneficio Económico por unidad en función a los datos de los criterios de mecanizado los cuales se toman como base para la fabricación de las piezas mecánicas

Los valores recogidos para el Modelamiento:

SECCION DE PLANTA	BRIDAS (X1)	EJES DE TRASMISION (x2)	BOCINAS (X3)	DISPONIBILIDAD DE TRABAJO HORAS
Maquinado	300	100	250	400
Control	10	10	10	15
Armado	12	10	15	28
Beneficio en US\$ x Unidad	500	1000	800	

Adicionalmente el caso nos dice que:

La planta tiene una capacidad máxima de producción de 600 Brida, un máximo de producción de 400 Ejes de trasmisión, y un máximo de 250 Bocinas y un mínimo de 10.

Ya con estos Datos pasamos a modelar el caso.

Inicialmente tenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\text{MAX } Z = 500X_1 + 1000X_2 + 800X_3$$

$$300X_1 + 100X_2 + 250X_3 \leq 400 \text{ (Maquinado)}$$

$$10X_1 + 10X_2 + 10X_3 \leq 15 \text{ (Control)}$$

$$12X_1 + 10X_2 + 15X_3 \leq 28 \text{ (Armado)}$$

$$0 \leq X_1 \leq 600 \text{ (Bridas);}$$

$$0 \leq X_2 \leq 450 \text{ (Ejes de trasmision);}$$

$$10 \leq X_3 \leq 250 \text{ (Bocinas)}$$

6.2 SOLUCION DEL PROBLEMA APLICANDO EL PROGRAMA LINDO

MAX 500X1+1000X2 +800X3

ST

300X1 + 100X2 + 250X3 + X4 = 400

10X1 + 10X2 + 10X3 + X5 = 15

12X1 + 10X2 + 15X3 + X6 = 28

X1<=600

X2<=450

X3<=240

END

6.3 RESULTADO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1500.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	500.000000
X2	1.500000	0.000000
X3	0.000000	200.000000
X4	250.000000	0.000000
X5	0.000000	100.000000
X6	13.000000	0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	100.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	600.000000	0.000000
6)	448.500000	0.000000
7)	240.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1500.000

VARIABLE VALUE REDUC DE COST

X1	0.000000	500.000000
X2	1.500000	0.000000
X3	0.000000	200.000000
X4	250.000000	0.000000
X5	0.000000	100.000000
X6	13.000000	0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	100.000000
4)	0.000000	0.000000

5) 600.000000 0.000000

6) 448.500000 0.000000

7) 240.000000 0.000000

NO. ITERATIONS= 1

CONCLUSIONES

- 1.- El uso de CAD, CAM y CNC, tiene muchas ventajas en la fabricación de piezas.
- 2.- El tiempo y el costo de fabricación, se reducen el mínimo.
- 3.- Juega un papel fundamental la experiencia y la Mano de Obra Calificada cuando se fabrica piezas.
- 4.- Para lograr el éxito es necesario contar con clientes permanentes, y poder utilizar estos avance tecnológicos.
- 5.- Su éxito dependerá de los materiales y los equipos que utilicen las empresas, durante la fabricación de piezas.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOHLER, Manual de Aceros Especiales, Edición 2,004
2. Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales 3era Edición, Internacional THOMSON EDITORES.
3. William F. Smith, Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales ,2da Edición, Mc GrawHill, 1994.
4. Leo Alting, Procesos para Ingeniería de Manufactura, 3era Edición, alfaomega, 1990.
5. Van Vlack, L.H., Elementos de materiales, Ciencia e Ingeniería, 6ta Edición.
6. Dreler, G.E., Metalurgia Mecánica, 3era Edición, Mc Graw-Hill Book Co, New Cork, 1900.
7. ARTURO, TALLEDO CORONADO, Tecnología de Alto Vacío, 1era Edición, Asamblea Nacional de Rectores, Lima – Perú, 2004^a
8. Mitsubishi Carbide, Herramientas de Corte de Metal Duro; Catálogo General 2004 - 2006

9. FANUC 16i, 18i, 160i, 180i – TA Manual de Operador
10. William F. SMITH, Fundamento de la Ciencia e Ingeniería de Materiales , 2da Edición, 1994
11. Richard L. DAFT, Teoría y Diseño, Sexta Edición, Internacional THOMSON EDITORES, 2000
12. MIKELL P. GROVER, Fundamentos de Manufactura Moderna EDITORIAL PRENTICE may, 1era Edición, 1997 Materiales, Procesos y Sistemas
13. LUIS, HUAMAN URETA, Mecanizado de Piezas en las Máquinas por Control Numérico
14. N.N. CHERNOV. Máquinas- Herramientas para Metales EDITORIAL MIR (Moscú)
15. SANDVIK COROMANT, Torneado de Roscas, Catálogo H.V. 5300: 010- SPA
16. A. CHEVALIER, Editorial E.N.N.A de Paris, 1989

17. A. L. CASILLAS, Máquinas , Editorial Casillas 1993

18. HAWKES BARRY, CAD/ CAM, Editorial Paraninfo, 1997

19. JOSE MORIPIN, Sistema CAD/ CAM/ CAE , Diseño y Fabricación por Computador, Editorial Marcombo, 1998

20. DAVID BEDWORTH, Diseño y Manufactura, Editorial Mc Graw Hill, 1996

ANEXOS

DATOS TÉCNICOS

- Condiciones de Corte recomendadas para Torneado F002
- Condiciones de Corte recomendadas para Dimple Bar F004
- Condiciones de Corte recomendadas para Mandrinado ... F005
- Solución de Problemas en Torneado F006
- Solución de Costes en Herramientas de Corte F008
- Efectos de las Condiciones de Corte para Torneado..... F009
- Función de las Características de las Herramientas de Torneado
F011
- Formulas para Calcular la Potencia de Corte F015
- Condiciones de Corte Recomendadas para Fresado F016
- Solución de Problemas en Fresado F017
- Función de las Características de Herramientas para Fresado
F018
- Fórmulas para Fresado F020
- Solución de Problemas para Fresas de Comando F022
- Selección de paso de Alimentación de Pico F023
- Características y Especificaciones de las Fresas con Mango
F024
- Solución de Problemas en Taladro F026
- Fórmulas para Taladrado F027
- Características y Especificaciones de las Brocas F028

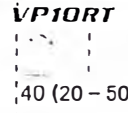
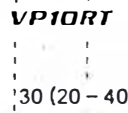
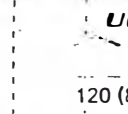
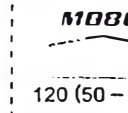
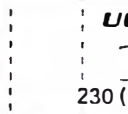
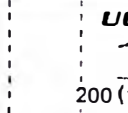
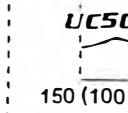
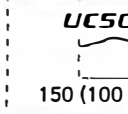
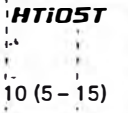
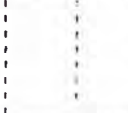
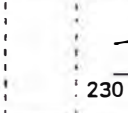
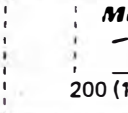
DATOS TECNICOS

CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA TORNEADO.....	F002
CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA DIMPLE BAR.....	F004
CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA MANDRINADO	F005
SOLUCION DE PROBLEMAS EN TORNEADO	F006
REDUCCION DE COSTES EN LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	F008
EFFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CORTE PARA TORNEADO	F009
FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO	F011
FORMULAS PARA CALCULAR LA POTENCIA DE CORTE	F015
CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA FRESADO.....	F016
SOLUCION DE PROBLEMAS EN FRESADO.....	F017
FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA FRESADO	F018
FORMULAS PARA FRESADO.....	F020
SOLUCION DE PROBLEMAS PARA FRESAS CON MANGO.....	F022
SELECCIÓN DE PASO DE ALIMENTACIÓN DEI PICO	F023
CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS FRESAS CON MANGO	F024
SOLUCION DE PROBLEMAS EN TALADRADO.....	F026
FORMULAS PARA TALADRADO	F027
CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS BROCAS.....	F028
DESGASTE Y ROTURA DE LA HERRAMIENTA	F030
MATERIALES DE CORTE	F031
GRUPOS DE CALIDADES.....	F032
TABLA DE COMPARACION DE GRADOS.....	F033
LISTADO DE REFERENCIAS DE MATERIALES METÁLICOS	F036
RUGOSIDAD	F040
TABLA DE COMPARACION DE DUREZAS	F041
TABLA TOLERANCIA DE AGUJEROS.....	F042
HUSILLO DE TOLERANCIA DE AJUSTE JIS.....	F044
NORMA DE CONICIDAD.....	F046
PREPARACIÓN DEL AGUJERO SEGÚN DIÁMETRO DE LA BROCA.....	F047
TAMAÑO DEL ORIFICIO DEL PERNO DE CABEZA HUECA HEXAGONAL/UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL.....	F048

CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA TORNEADO

Material	Condiciones de corte recomendadas y Grados						Rompevirutas	Cuando las condiciones recomendadas son insuficientes					
	Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev)	Refrigeración	Velocidades de corte recomendadas y Grados				Problema/Condición	Contramedida				
				100	200	300				400			
Acero medio Acero al carbono Acero aleado	180 HB	Corte ligero	≤ 1.0	≤ 0.3	Seco	NX2525 250 (200 - 300)				SH	Virutas largas en acabado. Desgaste rápido a alta velocidad de corte. Rotura fácil en corte interrumpido. Corte continuo.	Rompevirutas FS AP25N Rompevirutas MV UE6010 Posibilidad de corte refrigerado.	
		Corte medio	1 - 6	0.4 (0.2 - 0.6)	Seco	UE6010 300 (250 - 350)				MV	Desgaste rápido a alta velocidad de corte. Rotura fácil en corte interrumpido. Deficiente superficie de acabado. Corte continuo.	UE6005 UE6020 o Rompevirutas MH NX2525 Posibilidad de corte refrigerado.	
		Corte semi-pesado	4 - 9	0.6 (0.5 - 0.8)	Seco	UE6020 200 (150 - 250)				MH	Rotura fácil. Corte continuo.	UE6035 o Rompevirutas GH Posibilidad de corte refrigerado.	
	180 - 280 HB	Corte ligero	≤ 1.0	≤ 0.3	Seco	NX2525 200 (150 - 250)				SH	Virutas largas en acabado. Desgaste rápido a alta velocidad de corte. Rotura fácil en corte interrumpido. Corte continuo. Corte a alto avance (f ≥ 0.3)	Rompevirutas FH AP25N UE6010 Rompevirutas MV Posibilidad de corte refrigerado. Rompevirutas SW	
		Corte medio	1 - 6	0.4 (0.2 - 0.6)	Seco	UE6010 200 (150 - 250)				MV	Desgaste rápido a alta velocidad de corte. Rotura fácil en corte interrumpido. Virutas largas en acabado. Corte a alto avance (f ≥ 0.4) Corte continuo.	UE6005 UE6020 o Rompevirutas MH Rompevirutas SH Rompevirutas GH o Rompevirutas MW Posibilidad de corte refrigerado.	
		Corte semi-pesado	4 - 9	0.6 (0.5 - 0.8)	Seco	UE6020 150 (100 - 200)				GH	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil.	UE6010 UE6035	
	280 - 350 HB	Corte ligero	≤ 1.0	≤ 0.3	Aceite soluble en agua	UE6010 100 (50 - 150)				SH	Desgaste rápido a alta velocidad de corte. Rotura fácil. Virutas largas en acabado. Corte interrumpido.	UE6005 UE6020 Rompevirutas FH Corte en seco	
		Corte medio	1 - 4	0.3 (0.2 - 0.4)	Aceite soluble en agua	UE6010 80 (40 - 120)				MH	Rotura fácil. Corte interrumpido.	UE6020 o Rompevirutas GH Corte en seco	
	Acero Inoxidable Austenítico	≤ 200 HB	Corte ligero	1.0 ≤	0.2 ≤	Aceite soluble en agua	U57020 170 (120 - 220)				SH	Virutas largas en acabado. Rotura fácil. Deficiente superficie de acabado.	Rompevirutas FS U5735 NX2525 (ap ≤ 0.5)
		HB	Corte medio	1 - 4	0.3 (0.2 - 0.4)	Aceite soluble en agua	U5735 80 (40 - 120)				MS	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Virutas largas en acabado.	UE6020 o reducir velocidad. UP21M Rompevirutas MA
	Acero alto contenido en manganeso	≤ 200HB	1 - 4	0.2 (0.1 - 0.4)	Seco	UP20M 80 (60 - 100)				MS	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Corte interrumpido.	UE6010 UTi20T UTi20T	
	Titanio Puro	≤ 200HB	1 - 5	0.2 (0.1 - 0.3)	Aceite soluble en agua	RT9010 100 (80 - 120)				MS	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Corte interrumpido.	RT9005 TF15 o rompevirutas GJ Utilice aceite de corte.	
Aleaciones de titanio	≤ 350HB	1 - 5	0.2 (0.1 - 0.3)	Aceite soluble en agua	RT9010 40 (20 - 60)				MS	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Corte interrumpido.	RT9005 TF15 o rompevirutas GJ Utilice aceite de corte.		

DATOS TECNICOS / CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA TORNEADO

Material	Condiciones de corte recomendadas y Grados							Rompevirutas	Cuando las condiciones recomendadas son insuficientes		
	Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev)	Refrigeración	Velocidades de corte recomendadas y Grados					Problema/Condición	Contramedida	
				100	200	300	400				
Aleaciones base Níquel (Inconel, Waspalloy)	1-3	0.2 (0.1-0.3)	Aceite soluble en agua	 VP10RT 40 (20-50)				MS	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Angulo de ataque $\leq 15^\circ$ Corte interrumpido. 	MB730 (Velocidad de corte $V_c=100\sim 250$) VP05RT Aumento del ángulo de ataque de $30^\circ\sim 60^\circ$ Utilice aceite de corte, VP15TF	
Stellite ($\leq 35\text{HRC}$)	1-2	0.15 (0.1-0.2)	Seco	 VP10RT 30 (20-40)				MS	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Dureza $\geq 35\text{HRC}$. Angulo de ataque $\leq 15^\circ$ 	VP05RT HTi05T Aumento del ángulo de ataque de $30^\circ\sim 60^\circ$	
Acero Duro Acero rápido	200 - 280HB	1-4	0.3 (0.2-0.4)	Aceite soluble en agua	 UE6010 120 (80-150)				MH	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Corte interrumpido. 	UE6005 UE6020, corte seco.
	50 - 60 HRC	1-3	0.2 (0.1-0.3)	Aceite soluble en agua	 MB8025 120 (50-200)				Parte superior plana	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Angulo de ataque $\leq 15^\circ$ 	MB810 (Velocidad de corte $V_c=90\sim 320$) Aumento del ángulo de ataque de $30^\circ\sim 60^\circ$
Fundición gris	≤ 350 N/mm ²	1-6	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 UC5015 230 (150-300)				Parte superior plana	<ul style="list-style-type: none"> Rotura fácil. (Corte interrumpido.) Alta velocidad de corte. 	UC6010, corte seco. UC5005 o MB710
Fundición dúctil	≤ 450 N/mm ²	1-6	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 UC5015 200 (150-250)				Estándar	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. 	UC5005 UE6010 Sin rompevirutas, con chafán, corte seco.
	≤ 500 - 800 N/mm ²	1-6	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 UC5015 150 (100-200)				Estándar	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. 	UC5005 UE6010 Sin rompevirutas, con chafán, corte seco.
Fundición maleable		1-6	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 UC5015 150 (100-200)				Estándar	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. (Corte interrumpido.) 	UC5005 UE6010 Sin rompevirutas, con chafán, corte seco.
Fundición en chillida		1-3	0.2 (0.1-0.3)	Aceite soluble en agua	 HTi05T 10 (5-15)				Parte superior plana	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste rápido y corta vida. Angulo de ataque $\leq 15^\circ$ Corte interrumpido. 	MB730 (Velocidad de corte $V_c=100\sim 200$) Aumento del ángulo de ataque de $30^\circ\sim 60^\circ$ Corte en seco.
Aleaciones de aluminio		1-8	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 HTi10 600 (400-800)				Rompevirutas con gran desprendimiento	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidad de corte. 	MD220 ($V_c=200\sim 1500$)
Aleaciones de cobre		1-6	0.4 (0.2-0.6)	Aceite soluble en agua	 HTi10 230 (150-300)				Rompevirutas con gran desprendimiento	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidad de corte. 	MD220 ($V_c=200\sim 1200$)
Acero sinterizado		1-4	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 MB710 200 (150-250)				Parte superior plana	<ul style="list-style-type: none"> Acero con bajo contenido en carbono. Acero al carbono medio. Acero con alto contenido en carbono. 	$V_c=200\sim 250$ $V_c=180\sim 220$ $V_c=150\sim 180$ $V_c=100\sim 150$

CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA TORNEADO

DATOS TÉCNICOS



CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA DIMPLE BAR

□ DIMPLE BAR (MANGO DE ACERO)

Material	Dureza	Tipo de mecanizado	l/d ≤ 3			l/d = 3 - 5		
			Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero al carbono Acero aleado	180 - 220HB	Corte Acabado	150 (100 - 200)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	90 (60 - 120)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	110 (60 - 160)	0.25 (0.15 - 0.35)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.5
Acero tratado	35 - 65HRC	Corte Acabado	100 (80 - 200)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.15	60 (40 - 80)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.1
Acero inoxidable	180 - 220HB	Corte Acabado	160 (100 - 220)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	120 (80 - 150)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	90 (50 - 130)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.0
Fundición	Resistencia a la tracción ≤ 350N/mm ²	Corte Acabado	130 (90 - 180)	0.15 (0.1 - 0.2)	- 0.2	90 (60 - 120)	0.15 (0.1 - 0.2)	- 0.2
		Corte medio	90 (60 - 120)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.5
Aleaciones de aluminio	-	Corte Acabado	300 (200 - 400)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	250 (200 - 300)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 2.0	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 1.0

□ DIMPLE BAR (MANGO DE METAL DURO)

Material	Dureza	Tipo de mecanizado	l/d ≤ 6			l/d = 7 - 8		
			Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero al carbono Acero aleado	180 - 220HB	Corte Acabado	150 (100 - 200)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	90 (60 - 120)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	110 (60 - 160)	0.25 (0.15 - 0.35)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.5
Acero tratado	35 - 65HRC	Corte Acabado	100 (80 - 200)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.15	60 (40 - 80)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.1
Acero inoxidable	180 - 220HB	Corte Acabado	160 (100 - 220)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	120 (80 - 150)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	90 (50 - 130)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.0
Fundición	Resistencia a la tracción ≤ 350N/mm ²	Corte Acabado	130 (90 - 160)	0.15 (0.1 - 0.2)	- 0.2	90 (60 - 120)	0.15 (0.1 - 0.2)	- 0.2
		Corte medio	90 (60 - 120)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 2.0	60 (40 - 80)	0.2 (0.15 - 0.25)	- 1.5
Aleaciones de aluminio	-	Corte Acabado	300 (200 - 400)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2	250 (200 - 300)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 0.2
		Corte medio	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 2.0	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	- 1.0

CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA DIMPLE BAR



CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA MANDRINADO

BARRAS DE MANDRINAR TIPO S, TIPO F

Material	Dureza	Tipo de mecanizado	l / d ≤ 3			l / d = 3 - 4 (Diámetro del mango ≥ φ 25mm)		
			Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero al carbono Acero aleado	180 - 220HB	Corte ligero	130 (90 - 160)	0.1 (0.05 - 0.15)	0.2	120 (80 - 150)	0.1 (0.05 - 0.15)	-0.2
		Corte medio	90 (60 - 120)	0.25 (0.15 - 0.35)	-3.0	80 (50 - 110)	0.15 (0.1 - 0.2)	-1.5
Acero inoxidable	≤ 200HB	Corte ligero	140 (100 - 180)	0.1 (0.05 - 0.15)	0.2	140 (100 - 180)	0.1 (0.05 - 0.15)	0.2
		Corte medio	70 (50 - 90)	0.2 (0.15 - 0.25)	-2.0	60 (40 - 80)	0.15 (0.1 - 0.2)	-1.0
Aleaciones de aluminio	-	Corte ligero	300 (200 - 400)	0.1 (0.05 - 0.15)	0.2	300 (200 - 400)	0.1 (0.05 - 0.15)	0.2
		Corte medio	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	-2.0	200 (150 - 250)	0.1 (0.05 - 0.15)	-1.5

BARRAS DE MANDRINAR TIPO M Y TIPO P

Material	Dureza	Tipo de mecanizado	l / d ≤ 3			l / d = 3 - 4		
			Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Acero al carbono Acero aleado	180 - 280HB	Corte medio	110 (80 - 140)	0.25 (0.1 - 0.4)	-5.0	110 (80 - 140)	0.2 (0.1 - 0.3)	-4.0
Acero inoxidable	≤ 200HB	Corte medio	80 (60 - 100)	0.2 (0.1 - 0.3)	-4.0	70 (50 - 100)	0.15 (0.1 - 0.25)	-3.0
Fundición	Resistencia a la tracción ≤ 350N/mm ²	Corte medio	80 (60 - 100)	0.25 (0.1 - 0.4)	-5.0	80 (60 - 100)	0.2 (0.1 - 0.3)	-4.0

BARRA DE MANDRINAR PARA ALUMINIO

Material	Grado	Velocidad de corte (m/min)	l / d = 3		l / d = 4		l / d = 5		l / d = 6	
			Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev)	Profundidad de corte (mm)
Aleaciones de aluminio	HTi10	400 (200 - 600)	0.15 (0.05 - 0.25)	-3.0	0.15 (0.05 - 0.25)	-3.0	0.1 (0.05 - 0.2)	-2.5	0.1 (0.05 - 0.2)	-1.0
	MD220	800 (200 - 1500)	0.15 (0.05 - 0.25)	-3.0	0.15 (0.05 - 0.25)	-3.0	0.1 (0.05 - 0.2)	-2.5	0.1 (0.05 - 0.2)	-1.0

SOLUCION DE PROBLEMAS EN TORNEADO

TORNEADO (1)

Solución		Selección de calidad				Condiciones de corte			Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, Instalación de la herramienta						
		Seleccione una calidad más dura	Seleccione una calidad más tenaz	Seleccione una calidad con mejor resistencia al choque térmico	Seleccione una calidad con mejor resistencia a la adhesión	Velocidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Refrigeración	Desprendimiento	Radio de la punta	Angulo de ataque	El honing refuerza el filo de corte	Tipo de placa (Sin recificar → Rectificada)	Mejora de la rigidez de la herramienta	Instalación de la herramienta y de la pieza	Voladizo de la herramienta	Máquina con potencia y rigidez inadecuadas	
<p>Problema</p> <p>Factores</p>	<p>Fuera de tolerancias</p> <ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones no son constantes 	Mala combinación entre la calidad requerida y la placa seleccionada																	
	<p>Deterioro del filo de corte</p> <ul style="list-style-type: none"> Necesidad de ajuste por sobremedida 	<p>Gran desgaste</p> <p>Condiciones de corte inapropiadas</p>	●																
	<p>Deterioro de la superficie de acabado</p> <ul style="list-style-type: none"> Importante criterio para la vida de la herramienta 	<p>Gran desgaste, Filo redondeado</p> <p>Microroturas en el filo de corte</p> <p>Filo recrecido</p> <p>Condiciones de corte inapropiadas</p> <p>Mala selección del filo de corte o de la herramienta</p> <p>Vibración, micro-rotura</p>	●	●	●	↖	↖	↖	●	↖	↖	↖	↖	●		●	●	●	
	<p>Generación de calor</p> <ul style="list-style-type: none"> Un material sobrecalentado puede causar mal acabado y corta vida de la placa 	<p>Condiciones de corte inapropiadas</p> <p>Mala selección del filo de corte o de la herramienta</p>	●			↖	↖	↖											
	<p>Rebabas, Roturas, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> Acero, Aluminio → Rebabas Fundición → Roturas en la pieza Acero medio → Rebabas 	<p>Condiciones de corte inapropiadas</p> <p>Gran desgaste, Figura inapropiada en la herramienta</p> <p>Condiciones de corte inapropiadas</p> <p>Gran desgaste, Figura inapropiada en la herramienta</p> <p>Condiciones de corte inapropiadas</p> <p>Gran desgaste, Figura inapropiada en la herramienta</p>	●	●	●	↖	↖	↖	●	↖	↖	↖	↖			●	●	●	

SOLUCION DE PROBLEMAS EN TORNEADO

DATOS TECNICOS



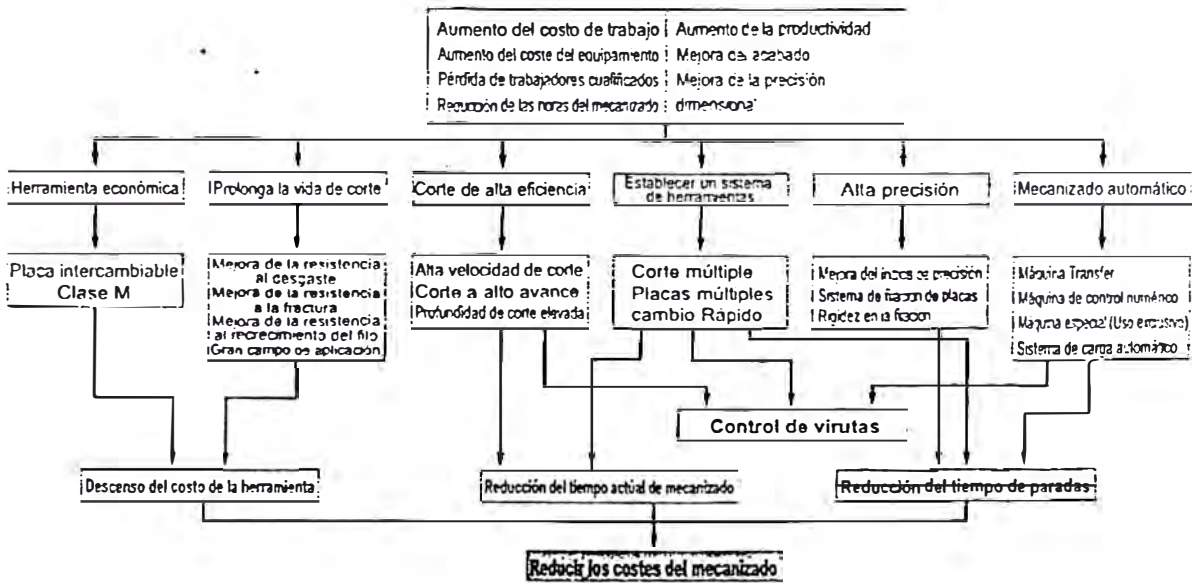
TORNEADO (2)

Solución		Factores	Selección de calidad				Condiciones de corte				Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, Instalación de la herramienta					
			Seleccione una calidad más dura	Seleccione una calidad más tenaz	Seleccione una calidad con mejor resistencia al choque térmico	Seleccione una calidad con mejor resistencia a la adhesión	Velocidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Refrigeración	Desprendimiento	Radio de la punta	Angulo de ataque	El honing refuerza el filo de corte	Tipo de placa (Sin recificar → Rectificada)	Mejora de la rigidez de la herramienta	Instalación de la herramienta y de la pieza	Voladizo de la herramienta	Máquina con potencia y rigidez inadecuadas	
Problema	Daño en el filo de corte								No utilice como fluido de corte agua soluble	Subir ↗	Bajar ↘	Determinar corte seco o refrigerado	Seleccione tipo de rompevirutas	Subir ↗	Bajar ↘					
	● Gran desgaste de flanco y de crater	Desgaste de flanco	●						●				●	↗	↘					
		Desgaste del cráter	●						●				●	↗	↘					
	● Microroturas	Golpes y Vibraciones		●									●						●	●
	● Rotura	Mala selección entre la calidad y las condiciones de corte		●	●								●						●	●
	● Rotura técnica	Mala selección del grado, las condiciones de corte y la dureza del material			●							●							●	●
	● Deformación del radio de la punta.	Corte interrumpido, alto avance	●									●							●	●
	● Filo recrecido	Mala selección entre la dureza del material y las condiciones de corte				●						●							●	●
	● Virutas largas y dispersas	Condiciones de corte inapropiadas Mala selección del filo de corte o de la herramienta							●			●								
	● Dispersión de pequeñas virutas	Condiciones de corte inapropiadas Mala selección del filo de corte o de la herramienta							●			●								

DATOS TÉCNICOS | SOLUCION DE PROBLEMAS EN TORNEADO

REDUCCION DE COSTES EN LAS HERRAMIENTAS DE CORTE PARA TORNEADO

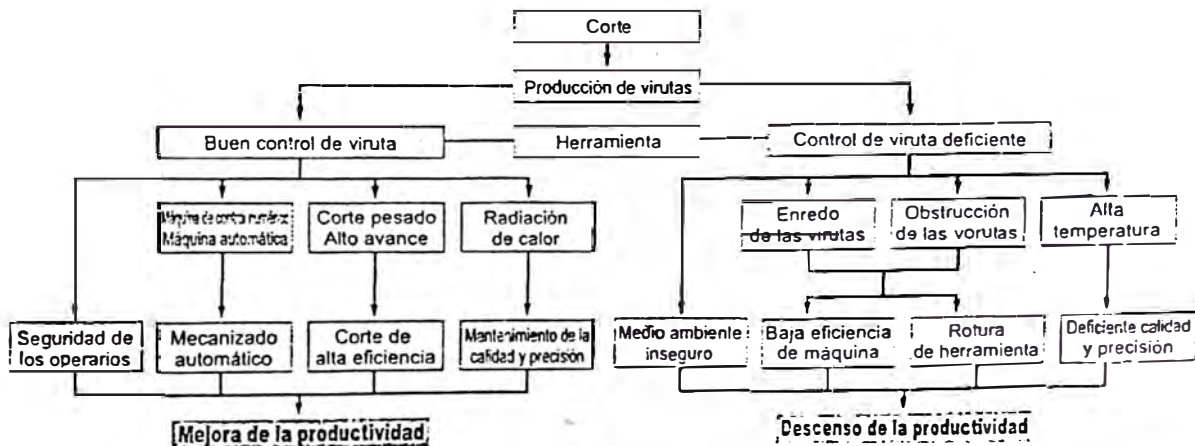
REDUCCION DE COSTOS EN EL MECANIZADO



ROTURA DE VIRUTAS EN EL TORNEADO DEL ACERO

		Tipo	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Rotura de virutas	Aumento de la rugosidad de la pieza	Más veces de la normal (Acero sin normalizar)					
	Umbral de espesor de la viruta	Tratamiento térmico Corte refrigerado					
	Espesor de virutas variable	Reducir velocidad de corte Aumento del avance Reducir el ángulo de ataque Reducir el ángulo de posición					
	Reduce la rotura de virutas	Variar el avance (Aumentar avance por fuerte vibración en el corte)					
	Rotura violenta de viruta	Variar la velocidad de corte Pre-ranurar el corte (Pre-ranurar el corte) Roturas en el filo de corte Añadir refrigeración con punta en la cara de desbarbante					
		Pequeña profundidad de corte $d > 7mm$					
		Profundidad de corte elevada $d = 7 - 15mm$					
		Longitud del rizo l	Sin rizo	$l \geq 50mm$	$l \leq 50mm$ 1-5 Curl	≈ 1 Curl	Menos que un Rizo y medio
		Nota	<ul style="list-style-type: none"> ● Forma irregular continua ● Enredo entre la herramienta y la pieza 	<ul style="list-style-type: none"> ● Forma continua y regular ● Virutas largas 	Bueno	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> ● Dispersión de las virutas ● Vibración ● Deficiente superficie de Acabado ● Máximo

EFFECTOS DEL CONTROL DE VIRUTA EN LA PRODUCTIVIDAD



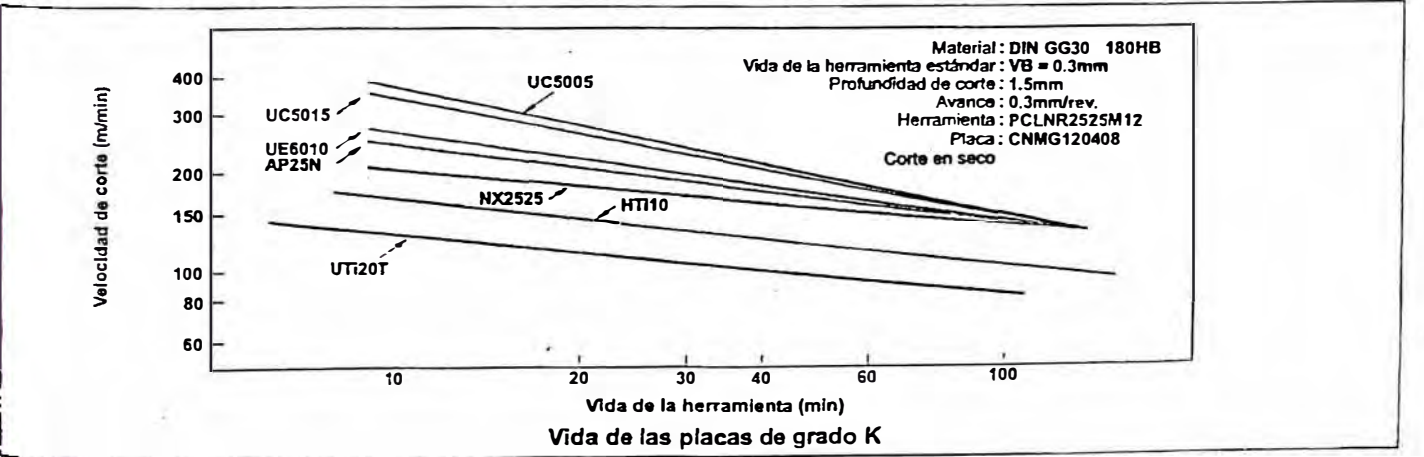
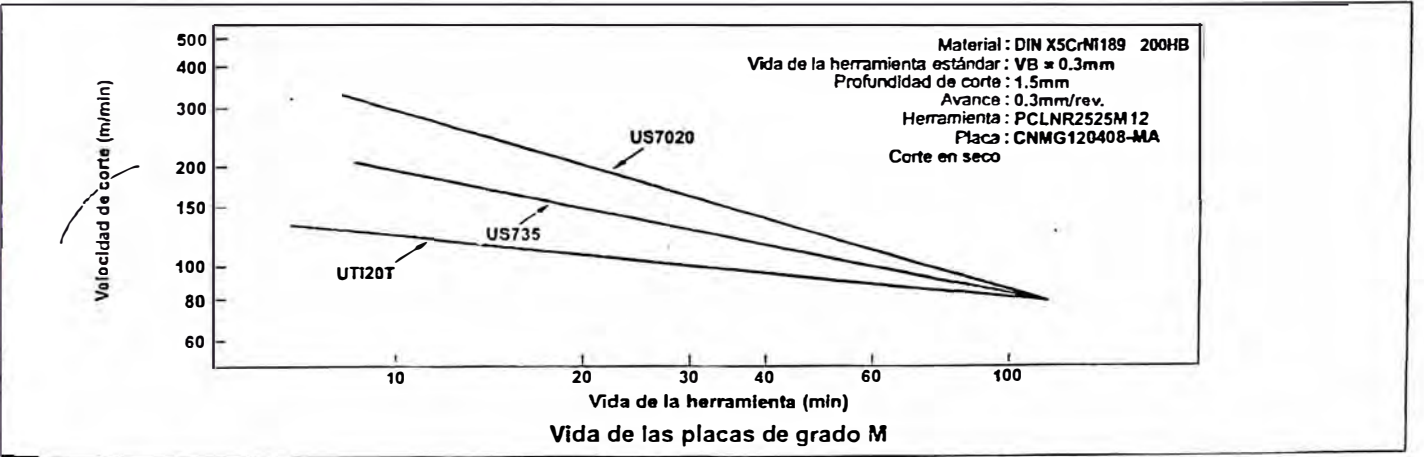
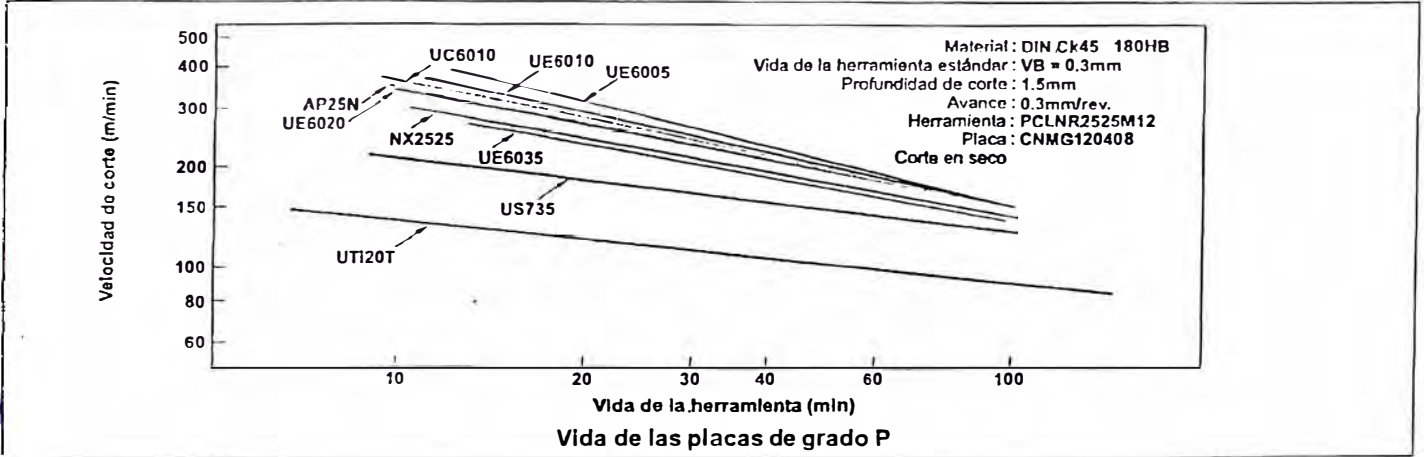
EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CORTE PARA TORNEADO

EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CORTE

Las condiciones de corte ideales serían: corto tiempo de corte, larga vida de la herramienta y buen acabado. Para obtener esas condiciones ideales se precisan condiciones de corte y herramientas adecuadas, así como el conocimiento de la pieza, dureza, forma y capacidad de la máquina.

VELOCIDAD DE CORTE

La velocidad de corte tiene un efecto muy importante en la vida de la herramienta. Aumentándola, se incrementa la temperatura y se acorta la vida de la herramienta. La velocidad varía dependiendo de la dureza de la pieza. Seleccione una calidad apropiada para cada velocidad de corte.



EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CORTE PARA TORNEADO

Efectos de la velocidad de corte

1. Aumentando la velocidad de corte un 20%, se reduce la vida de la herramienta a la mitad. Aumentándola un 50%, se reduce la vida a 1/5.
2. El mecanizando a baja velocidad (20 — 40 m/min), tiende a causar vibraciones. Por ello, se acorta la vida de la herramienta.

EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CORTE PARA TORNEADO

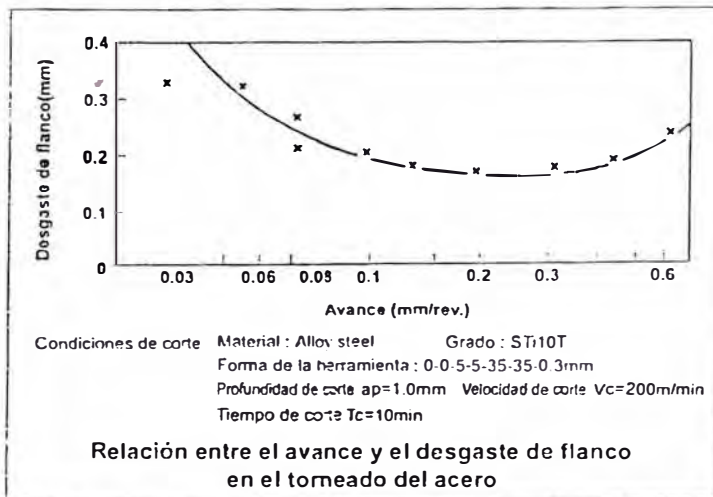
AVANCE

En torneado, el avance es la distancia que la herramienta se mueve por la pieza por revolución.

En fresado, el avance es la distancia recorrida por la mesa por cada revolución de la fresa dividida por el número de dientes. De este modo, se indica como avance por diente. Área de avance relacionada con superficie de acabado rugosa.

Efectos del avance

1. La reducción del avance influye en el desgaste de flanco y acorta la vida de la herramienta.
2. Aumentando el avance, se aumenta la temperatura de corte y el desgaste del flanco. Por ello, la influencia sobre la vida de la herramienta es mínima comparada con la de la velocidad de corte.
3. El aumento del avance, mejora la eficiencia del mecanizado.

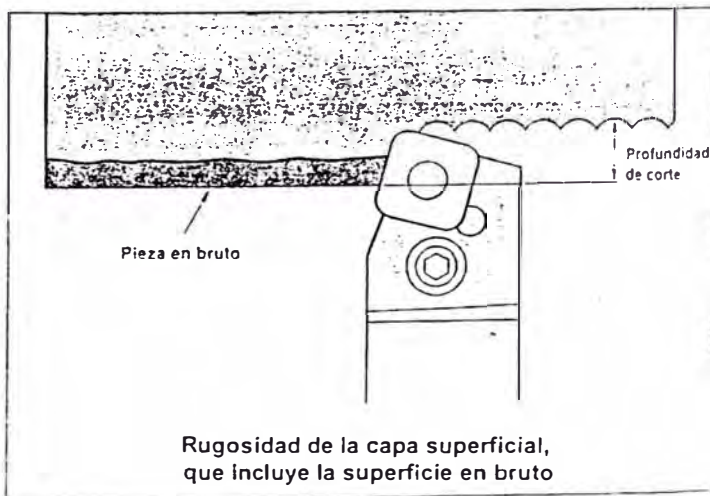
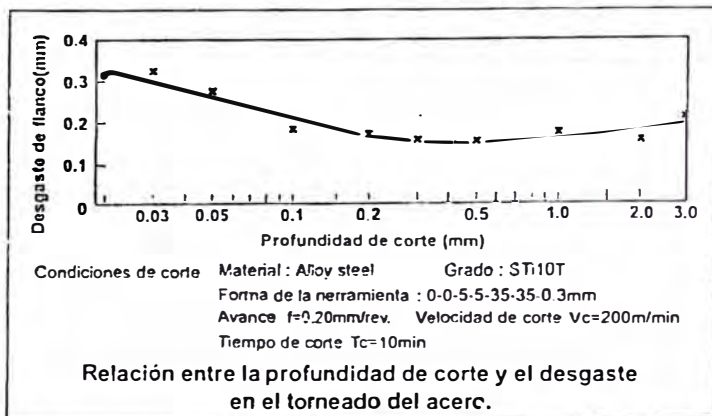


PROFUNDIDAD CORTE

La profundidad de corte se determina en relación a la cantidad de material a mecanizar, la forma de la pieza, la rigidez de la herramienta y la potencia y rigidez de la máquina.

Efectos de la profundidad de corte

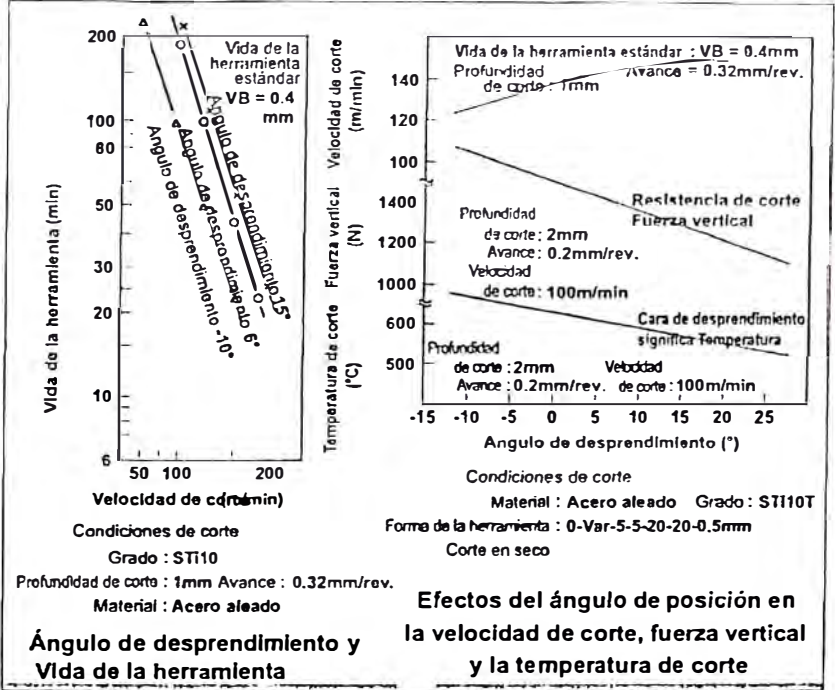
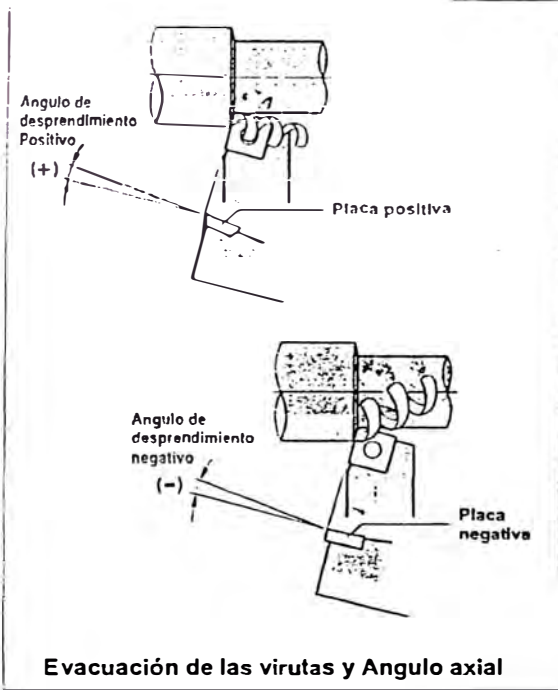
1. El cambio de la profundidad de corte, no afecta en gran medida a la vida de la herramienta.
2. Una pequeña profundidad de corte, endurece la capa superficial del material, debido a la fricción entre ellas. Por ello, se reduce la vida de la herramienta.
3. Cuando mecanizamos piezas en bruto de fundición, la profundidad de corte se tiene que aumentar tanto como permita la potencia de la máquina, para prevenir el contacto de las impurezas de la superficie con la placa e impedir las micro-roturas y el desgaste anormal.



FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

ANGULO DE DESPRENDIMIENTO

El ángulo de desprendimiento es un ángulo del filo de corte que tiene un efecto importante en la resistencia al corte, la evacuación de las virutas, la temperatura de corte y la vida de la herramienta.



Efectos del ángulo de desprendimiento

1. Aumentando el ángulo de desprendimiento en dirección positiva, se mejora la suavidad del corte.
2. Aumentando el ángulo de desprendimiento 1° en dirección positiva, decrece el esfuerzo de corte un 1%.
3. Aumentando el ángulo de desprendimiento en dirección positiva, se debilita el corte; y en la dirección negativa, se aumenta la resistencia al corte.

Cuándo aumentar el ángulo de desprendimiento en la dirección (-) negativa

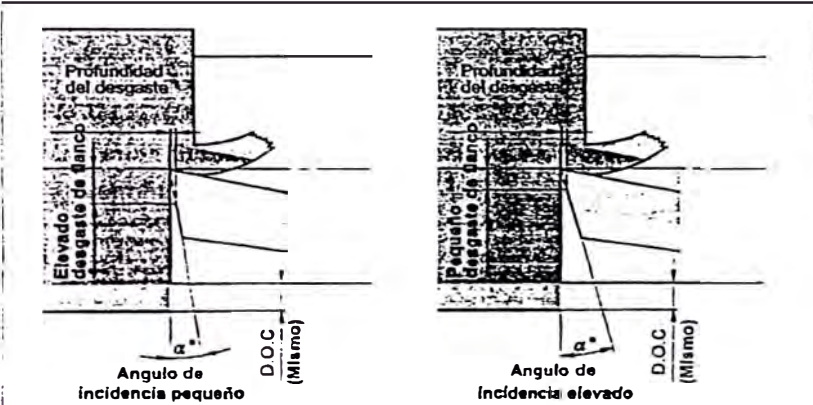
- Pieza endurecida.
- Cuando se requiere un filo robusto para mecanizar piezas en bruto y con corte interrumpido.

Cuándo aumentar el ángulo de desprendimiento en la dirección (+) positiva

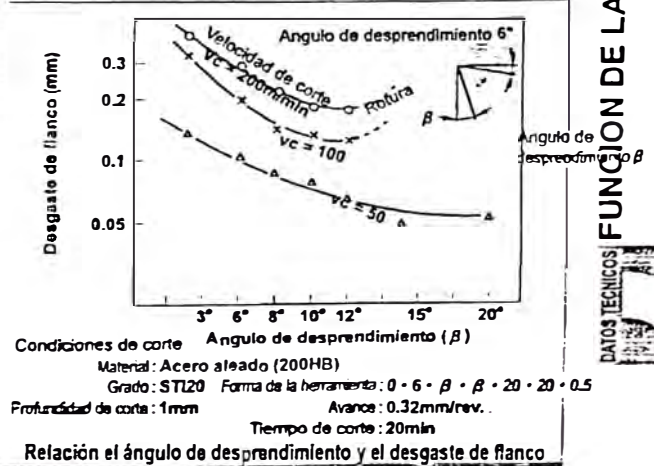
- Material blando.
- Material de fácil mecanizado.
- Cuando la pieza y la máquina tienen poca rigidez.

ANGULO DE INCIDENCIA

El ángulo de desprendimiento previene la fricción entre la cara de incidencia y la pieza, debido a un pequeño avance.



El ángulo de desprendimiento genera un espacio entre la herramienta y la pieza. Ángulo del flanco relacionada con el desgaste del flanco.



Cuándo reducir el ángulo de incidencia

- Piezas endurecidas.
- Cuando se necesita un filo robusto.

Cuándo aumentar el ángulo de incidencia

- Materiales blandos.
- Materiales que se endurecen durante el mecanizado.

Efectos del ángulo de incidencia

1. El aumento del ángulo de incidencia, reduce el desgaste del flanco.
2. El incremento del ángulo de desprendimiento, reduce la robustez del filo de corte.

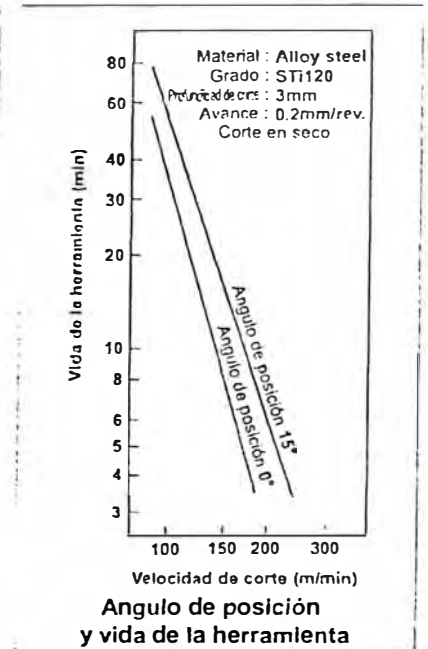
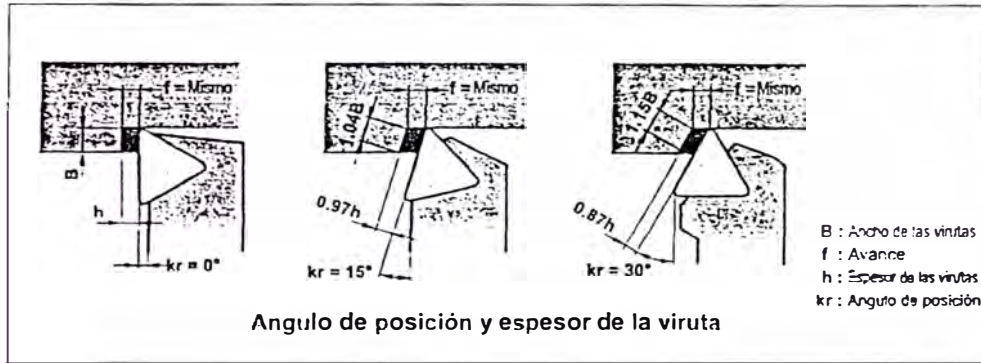
FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

DATOS TECNICOS

FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

ÁNGULO DE POSICIÓN ÁNGULO DE ATAQUE

El ángulo de posición y el radio de la punta, reducen el impacto y el efecto de la fuerza de avance, de la fuerza hacia atrás y el espesor de las virutas.

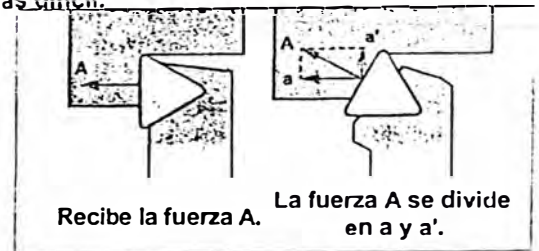


Efectos del ángulo de posición Angulo de ataque

1. Con el mismo avance, incrementando el ángulo de posición, incrementamos la longitud de contacto de la viruta y decrece el espesor de ésta. Como resultado, el esfuerzo de corte se dispersa en un filo más largo y se incrementa la vida de la herramienta. (Ver diagrama)
2. Incrementando el ángulo de ataque, se incrementa la fuerza a' . Por ello, las piezas largas y delgadas, se doblan en muchos casos.
3. Incrementando el ángulo de posición, se reduce el control de viruta.
4. Incrementando el ángulo de posición, disminuye el espesor de la viruta y aumenta la longitud de la misma. Por lo tanto, la rotura de la viruta es más difícil.

Cuándo reducir el ángulo de ataque
<input type="radio"/> Acabado con poca profundidad de corte.
<input type="radio"/> Piezas largas y delgadas.
<input type="radio"/> Cuando la máquina tiene poca rigidez.

Cuándo aumentar el ángulo de ataque
<input type="radio"/> Piezas endurecidas producidas por una alta temperatura de corte.
<input type="radio"/> Cuando mecanizamos piezas de diámetros grandes.
<input type="radio"/> Cuando la máquina tiene poca rigidez.

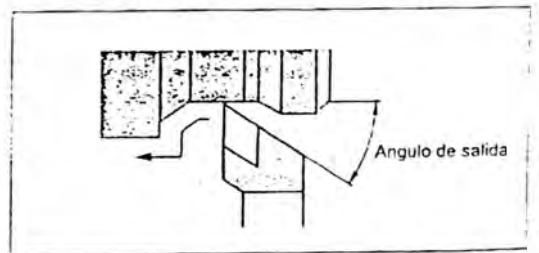


ÁNGULO DE SALIDA

El ángulo de desprendimiento previene el desgaste en la herramienta y en la superficie de la pieza y es normalmente $5^\circ \sim 15^\circ$.

Efectos del ángulo de salida

1. Reduciendo el ángulo de salida, incrementamos la resistencia del filo; pero, también incrementamos la temperatura de corte.
2. Reduciendo el ángulo de salida, la fuerza hacia atrás se incrementa y pueden aparecer vibraciones durante el mecanizado.
3. Se recomienda un pequeño ángulo de salida en desbaste y un gran ángulo en acabado.

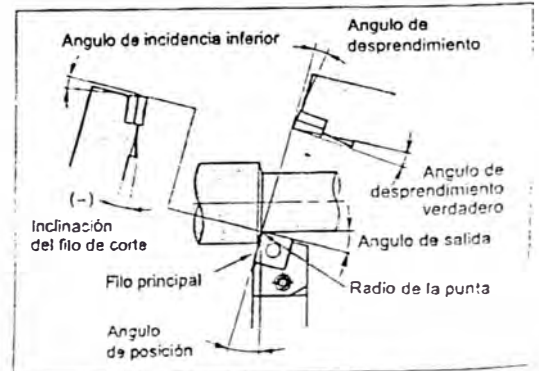


INCLINACION DEL FILO DE CORTE

La inclinación de la arista de corte es la inclinación de la cara de desprendimiento. En el corte pesado, el filo recibe muchos golpes al comienzo del mecanizado. La inclinación del filo le protege de estos golpes y previene su fractura. Se recomiendan en torneado y en fresado.

Efectos de la inclinación del filo de corte

1. Una inclinación negativa (-) del filo, evacúa virutas en la dirección de la pieza; y positiva (+) las evacúa en la dirección opuesta.
2. Una inclinación negativa (-) del filo de corte, incrementa la robustez de éste; pero también incrementa el esfuerzo de corte. De este modo.



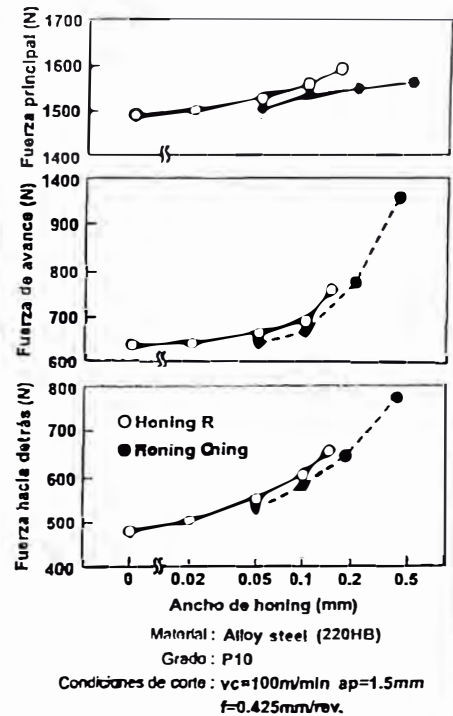
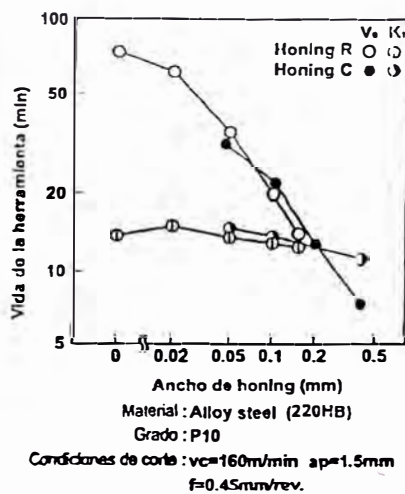
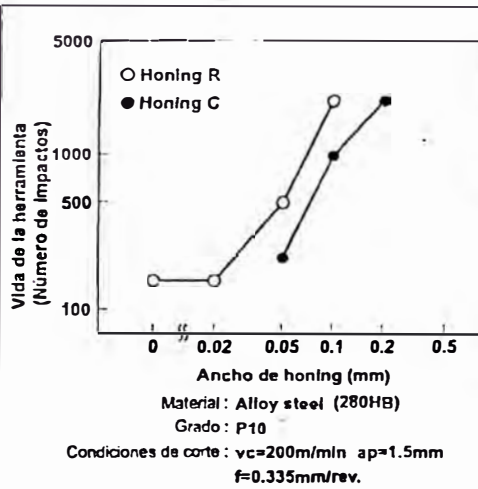
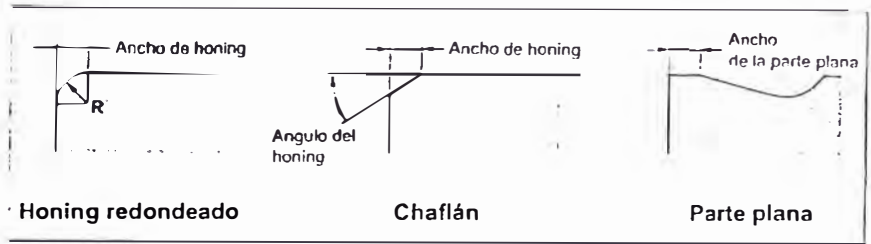
HONING Y PLANO

El honing y la parte plana son formas de filo de corte y sirven para dar robustez a éste.

El honing puede ser redondeado tipo chufianado.

La anchura óptima del honing es aproximadamente 1/2 del avance.

Land es la parte plana y estrecha sobre la cara de incidencia o desprendimiento.



Efectos del honing

1. Aumentar el honing incrementa el esfuerzo de corte, la vida de la herramienta y reduce las roturas.
2. Aumentando el honing se incrementa el desgaste del flancoe y se reduce la vida de la herramienta. El tipo de honing no afecta al desgaste en la cara de desprendimiento.
3. Aumentar el honing incrementa el esfuerzo de corte y la vibración.

Cuándo reducir el tipo de honing

- Cuando acabamos con pequeña profundidad y poco avance.
- Materiles blandos.
- Cuando la pieza y la máquina tienen poca rigidez.

Cuándo aumentar el tipo de honing

- Piezas endurecidas.
- Cuando se requiere un filo robusto para mecanizar piezas en bruto y con corte interrumpido.
- Cuando la máquina tiene poca rigidez.

*El metal duro, como Sti, Uti, los recubrimientos de diamante y las placas cermet, tienen un honing redondeado estándar.

FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

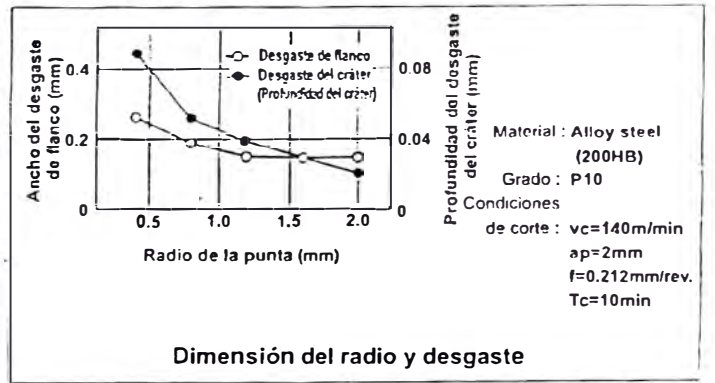
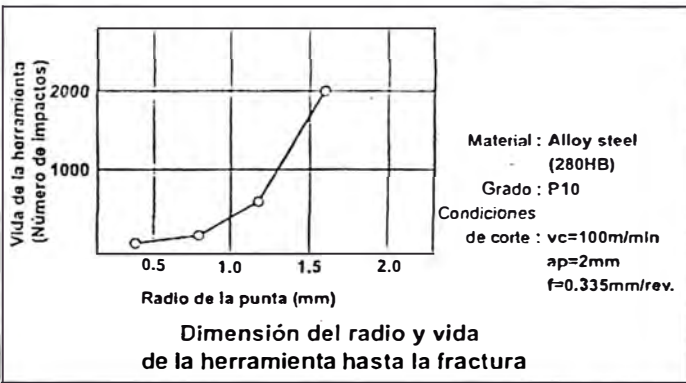
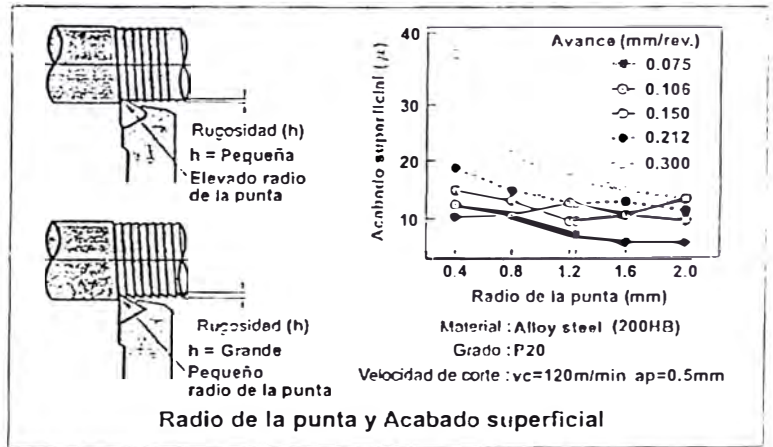


FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA TORNEADO

RADIOS

El radio influye en la robustez del filo y en el acabado de la pieza. En general, se recomienda un radio 2 – 3 veces el avance.



Efectos del radio de la punta

1. Aumentando el radio de la punta, se mejora la superficie de acabado.
2. Aumentando el radio de la punta, se refuerza el filo.
3. Aumentando el radio de la punta demasiado, aumenta la resistencia al corte y aparecen vibraciones.
4. Aumentando el radio de la punta, se reduce el desgaste de flanco y de desprendimiento.
5. Aumentando el radio de la punta demasiado, decrece el control de viruta.

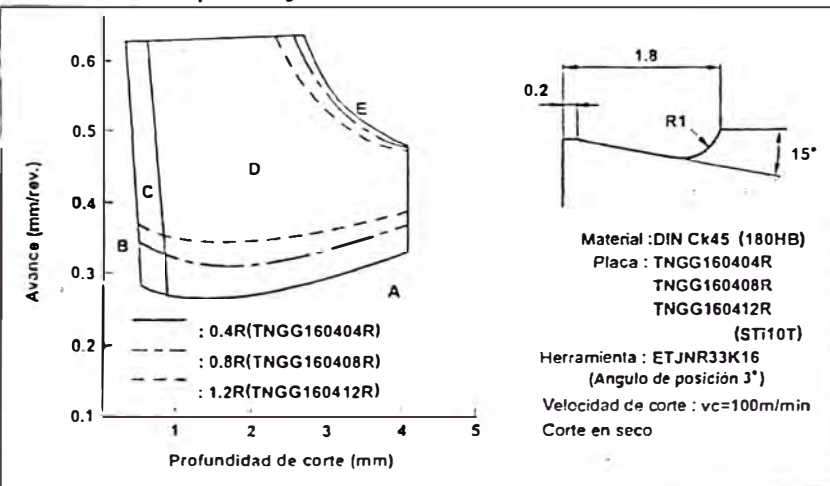
Cuándo reducir el radio de la punta

- Acabado con poca profundidad de corte.
- Piezas largas y delgadas.
- Cuando la máquina tiene poca rigidez.

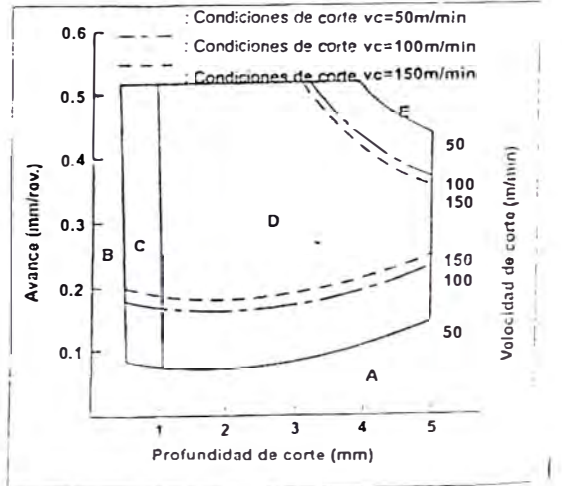
Cuándo aumentar el radio de la punta

- Cuando se requiere un filo robusto para mecanizar piezas en bruto y con corte interrumpido.
- Cuando mecanizamos una pieza de diámetro grande.
- Cuando la máquina tiene poca rigidez.

Radio de la punta y área de control de viruta



Velocidad de corte y rango de control de viruta



(Nota) Por favor ver página F008 para forma de las virutas (A. B. C. D. E).

FORMULAS PARA CALCULAR LA POTENCIA DE CORTE

FUERZA DE CORTE (Ne)

$$Ne = \frac{ap \cdot f \cdot vc \cdot Ks}{60 \times 10^3 \times \eta} \text{ (kW)}$$

Ne (kW) : Potencia actual
 f (mm/rev.) : Avance por vuelta
 Ks (N/mm²) : Fuerza de corte especifica

ap (mm) : Profundidad de corte
 vc (m/min) : Velocidad de corte
 η : (Coeficiente de máquina)

(Problema) ¿Cuál es la potencia necesaria para mecanizar acero medio a una velocidad de 120m/min con una profundidad de 3mm y un avance de 0.2mm/rev. (Coeficiente de máquina 80%)?

(Contestación) Sustituir la fuerza de corte Ks=3100N/mm² dentro de la formula.

$$Ne = \frac{3 \times 0.2 \times 120 \times 3100}{60 \times 10^3 \times 0.8} = 4.65 \text{ (kW)}$$

Ks

Material	Resistencia a la tracción (N/mm ²) y dureza	Fuerza de corte especifica Ks (N/mm ²)				
		0.1(mm/rev.)	0.2(mm/rev.)	0.3(mm/rev.)	0.4(mm/rev.)	0.6(mm/rev.)
Acero medio	520	3610	3100	2720	2500	2280
Acero medio	620	3080	2700	2570	2450	2300
Acero duro	720	4050	3600	3250	2950	2640
Acero para herramientas	670	3040	2800	2630	2500	2400
Acero para herramientas	770	3150	2850	2620	2450	2340
Acero al Cromo-Manganeso	770	3830	3250	2900	2650	2400
Acero al Cromo-Manganeso	630	4510	3900	3240	2900	2630
Acero al Cromo-Molibdeno	730	4500	3900	3400	3150	2850
Acero al Cromo-Molibdeno	600	3610	3200	2880	2700	2500
Acero al cromo-niquel-molibdeno	900	3070	2650	2350	2200	1980
Acero al cromo-niquel-molibdeno	352HB	3310	2900	2580	2400	2200
Fundición dura	46HRC	3190	2800	2600	2450	2270
Fundición Meehanita	360	2300	1930	1730	1600	1450
Fundición gris	200HB	2110	1800	1600	1400	1330

VELOCIDAD DE CORTE (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocidad de corte
 Dm (mm) : Diámetro de la pieza
 π (3.14) : Pi
 n (min⁻¹) : Revoluciones máximas del eje

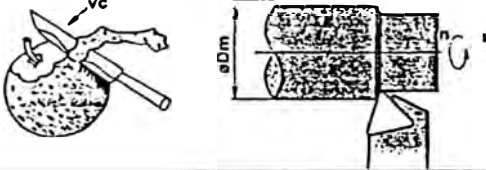
* Dividir por 1,000 para cambiar m a mm.

(Problema) ¿Cuál es la velocidad de corte cuando la del eje son 700min⁻¹ y el diámetro exterior es φ 50 ?

(Contestación) Sustituir π=3.14, Dm=50, n=700 in en la fórmula.

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 700}{1000} = 110 \text{ m/min}$$

La velocidad de corte son 110m/min.



AVANCE (f)

$$f = \frac{l}{n} \text{ (mm/rev.)}$$

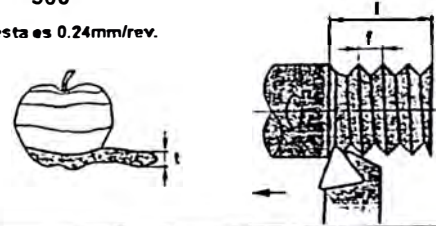
f (mm/rev.) : Avance por vuelta
 l (mm/min) : Longitud de corte por min.
 n (min⁻¹) : Revoluciones máximas del eje

(Problema) ¿Cuál es el avance por vuelta cuando las revoluciones son 500min⁻¹ y la longitud de corte por minuto son 120 mm/min ?

(Contestación) Sustituir n=500, l=120 en la fórmula.

$$f = \frac{l}{n} = \frac{120}{500} = 0.24 \text{ mm/rev.}$$

La respuesta es 0.24mm/rev.



TIEMPO DE CORTE (Tc)

$$Tc = \frac{lm}{l} \text{ (min)}$$

Tc (min) : Tiempo de corte
 lm (mm) : Longitud de la pieza a mecanizar
 l (mm/min) : Longitud de corte por min.

(Problema) ¿Cuál es el tiempo de corte cuando mecanizamos una pieza de 100mm a 1000min⁻¹ y avance de 0.2mm/rev. ?

(Contestación) Primero, calcule la longitud de corte por minuto, partiendo desde el avance y las revoluciones.

$$l = f \times n = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ mm/min}$$

Sustituir la respuesta de arriba en la fórmula.

$$Tc = \frac{lm}{l} = \frac{100}{200} = 0.5 \text{ min}$$

0.5x60=30 (seg.) La respuesta 30 seg.

RUGOSIDAD SUPERFICIAL TEORICA (h)

$$h = \frac{f^2}{8Re} \times 1000 \text{ (μm)}$$

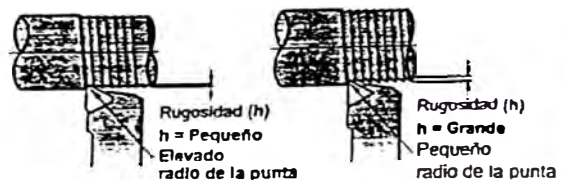
h (μm) : Rugosidad de la superficie de acabado
 f (mm/rev.) : Avance por vuelta
 Re (mm) : Radio de la punta

(Problema) ¿Cual es la superficie de acabado teórica cuando el radio de la pieza es 0.8mm y el avance es 0.2 mm/rev. ?

(Contestación) Sustituir f=0.2 mm/rev. R=0.8 en la fórmula.

$$h = \frac{0.2^2}{8 \times 0.8} \times 1000 = 6.25 \text{ μm}$$

La rugosidad teórica es de 6μm.



DATOS TECNICOS FORMULAS PARA CALCULAR LA POTENCIA DE CORTE

CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA FRESADO

Material		Condiciones de corte recomendadas y Grados					Recomendada	Cuando las condiciones recomendadas son insuficientes			
		Profundidad de corte (mm)	Avance (mm/rev.)	Refrigeración	Velocidades de corte recomendadas y Grados				Problema/Condición	Contramedida	
					100	200	300	400			
Acero medio	180 HB	Corte ligero	1-3	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 NX4545 (JL) 180 (130-230)			ASX445	Rotura fácil. Acabado	Rompevirutas JM Placa rascadora
		Corte medio	2-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F7030 (JM) 280 (210-350)			ASX445	Rotura fácil.	Rompevirutas JH
Acero al carbono	180 HB	Corte ligero	1-3	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 NX4545 (JL) 150 (120-180)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida.	VP15TF
	280 HB	Corte medio	2-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F7030 (JM) 250 (190-310)			ASX445	Rotura fácil.	Rompevirutas JH
Acero aleado	280 HB	Corte ligero	≤ 1.0	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 NX4545 (JL) 100 (80-120)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida.	VP15TF
	350 HB	Corte medio	1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F7030 (JM) 220 (170-270)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida.	Reducir velocidad de corte.
Acero Inoxidable Austenítico	200 HB	Corte ligero	≤ 1.0	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 NX4545 (JL) 150 (120-180)			ASX445	Rotura fácil.	F7030
		Corte medio	1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F7030 (JM) 220 (170-270)			ASX445	Rotura fácil.	Rompevirutas JH
Acero alto contenido en manganeso	200HB		1-4	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F7030 (JM) 130 (100-150)			ASX445	Rotura fácil. Acabado	Rompevirutas JH NX4545 (ap ≤ 0.5)
Titanio Puro	≤ 200HB		1-4	0.2 (0.1-0.3)	Aceite	 HT110 (JP) 130 (120-140)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida.	VP15TF Rompevirutas JL
Aleaciones de titanio	≤ 350HB		1-3	0.2 (0.1-0.3)	Aceite	 HTi20T 40 (30-60)			SG20	Desgaste rápido y corta vida. Segunda recomendación.	UP10H SE445 HTi10
Aleaciones base Níquel (Inconel, Waspalloy)			1-3	0.2 (0.1-0.3)	Aceite	 HT110 30 (20-40)			SG20	Segunda recomendación.	SE445
Estellite	≤ 35HRC		1-3	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 HT110 40 (10-70)			SG20	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Segunda recomendación.	vc=15-25m/min Bajar profundidad de corte y avance. SE445 HTi10
Acero para molinos	250 - 280HB		1-4	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 VP15TF (JM) 80 (60-100)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida. Rotura fácil. Acabado	Reducir velocidad de corte. Rompevirutas JH NX4545 (ap ≤ 0.5)
	Acero rápido	50 - 60HRC	1-3	0.1 (0.05-0.2)	Seco	 VP15TF (JH) 60 (40-80)			ASX445	Rotura fácil.	Reducir velocidad de corte.
Fundición gris	≤ 350 N/mm²		1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F5020 (JM) 200 (150-250)			ASX445	Rotura fácil.	Rompevirutas FT
Fundición dúctil	≤ 450 N/mm²		1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F5020 (JM) 200 (150-250)			ASX445	Condiciones de corte incorrectas. Rotura fácil.	VP15TF Rompevirutas FT
	500 - 800 N/mm²		1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 F5020 (JM) 150 (100-200)			ASX445	Condiciones de corte incorrectas. Rotura fácil.	VP15TF Rompevirutas FT
Fundición maleable			1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 VP15TF (JM) 80 (50-100)			ASX445	Desgaste rápido y corta vida.	Reducir velocidad de corte.
Aleaciones de cobre			1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 HT110 (JP) 300 (200-400)			ASX445		
Aleaciones de aluminio			1-5	0.2 (0.1-0.3)	Seco	 HT110 (JP) 650 (300-1000)			ASX445	Acabado	Fresa tipo NF10000 Grado : MD220 Vc ≥ 1000

Indica el tipo de rompevirutas "JL, JM, JP y JH".

DATOS TECNICOS / CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS PARA FRESADO



SOLUCION DE PROBLEMAS EN FRESADO

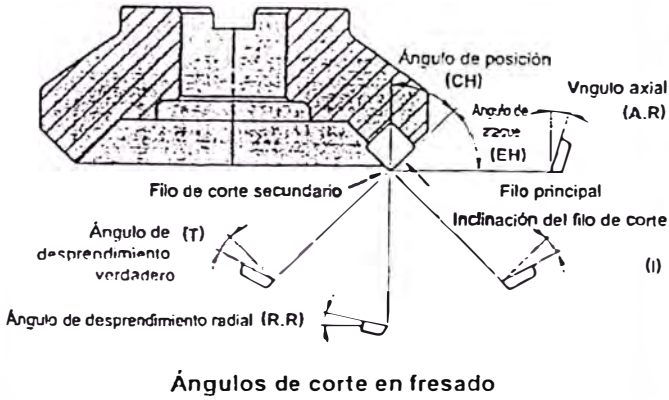
FRESADO

Solución		Selección de calidad		Condiciones de corte				Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, instalación de la herramienta								
		Problema	Factores	Velocidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Diámetro de la fresa y ancho de corte	Refrigeración		Desprendimiento	Angulo de posición	El honing refuerza el filo de corte	Número de dientes	Mayor salida de virutas	Figura del filo de corte menor	Salto de la fresa	Rigidez de la fresa	Instalación de la herramienta y de la pieza	Voladizo de la herramienta	Máquina con potencia y rigidez inadecuadas
								No utilice como fluido de corte agua soluble	Determinar corte seco o refrigerado											
Daño en el filo de corte	● Desgaste extremo	Condiciones de corte Inapropiadas																		
	● Extremada craterización	Mala selección del filo de corte	●																	
	● Microroturas y fractura del filo de corte	Condiciones de corte Inapropiadas																		
		Mala selección del filo de corte	●																	
	● Agrietamiento y Roturas debido a choques térmicos	Condiciones de corte Inapropiadas																		
		Mala selección del filo de corte	●																	
● Filo recrecido	Condiciones de corte Inapropiadas																			
	Mala selección del filo de corte	●																		
Tolerancia	● Deficiente Superficie de acabado	Filo desgastado y con salto radial	●																	
	● Rebabas, Roturas	Condiciones de corte Inapropiadas																		
		Mala selección del filo de corte																		
	● Micro-roturas en el filo de la pieza	Condiciones de corte Inapropiadas																		
● No paralelo o superficie irregular	Mala selección del filo de corte																			
	Baja rigidez de la pieza o de la herramienta																			
Otros	● Vibración, micro-rotura	Condiciones de corte severas; pieza no rígida																		
	● Deficiente evacuación de virutas, obstrucción y embudo	Condiciones de corte Inapropiadas																		
	Mala selección del filo de corte																			

DATOS TECNICOS SOLUCION DE PROBLEMAS EN FRESADO

FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA FRESADO

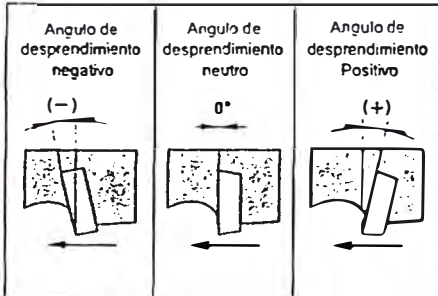
FUNCION DE CADA UNO DE LOS ANGULOS DEL FILO EN FRESADO



Tipo de ángulo	Símbolo	Función	Efecto
Ángulo axial	A.R.	Determina la dirección de evacuación de la viruta.	Positivo : Excelente maquinabilidad.
Ángulo de desprendimiento radial	R.R.	Determina la agudeza de la herramienta.	Negativo : Excelente evacuación de virutas.
Ángulo de posición	CH	Determina el espesor de la viruta.	Grande : Virutas delgadas y pequeño impacto de corte. Gran fuerza hacia atrás.
Ángulo de desprendimiento verdadero	T	Determina la agudeza actual de la herramienta.	Positivo (grande) : Excelente maquinabilidad. Excelente soldadura. Negativo (grande) : Deficiente maquinabilidad. Filo de corte fuerte.
Inclínación del filo de corte	I	Determina la dirección de evacuación de la viruta.	Positivo (grande) : Excelente evacuación de virutas. Baja robustez en la arista de corte.

PLACAS ESTÁNDAR

Ángulo de desprendimiento Positivo y Negativo

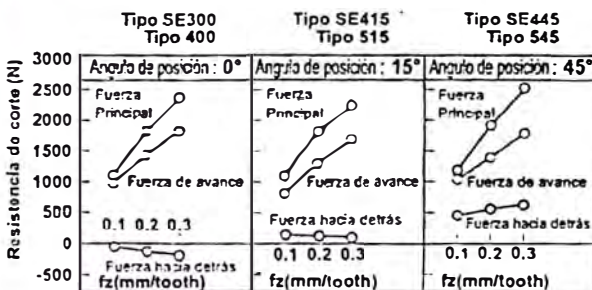


- Placa en la cual el filo de corte va precedido de un ángulo de desprendimiento positivo.
- Placa en la cual el filo de corte va precedido de un ángulo de desprendimiento negativo.

Forma estándar del tipo de corte

Combinaciones del filo de corte estándar	(-) Angulo axial	(-) Angulo axial	(+) Angulo axial	
	Ángulo de desprendimiento radial (+)	Ángulo de desprendimiento radial (-)	Ángulo de desprendimiento radial (-)	
	Doble positivo (Filo tipo DP)	Doble negativo (Filo tipo DN)	Negativa/Positiva (Filo tipo NP)	
Ángulo axial (A.R.)	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)	
Ángulo de desprendimiento radial (R.R.)	Positivo (+)	Negativo (-)	Negativo (-)	
Placa usada	Placa positiva (tipo a una cara)	Placa negativa (caras a doble cara)	Placa positiva (tipo a una cara)	
Material	Acero	●	-	●
	Fundición	-	●	●
	Aleaciones de aluminio	●	-	-
	Materiales de difícil mecanización	●	-	●

ANGULO DE POSICIONAMIENTO(CH) Y CARACTERISTICAS DE CORTE



Material: DIN 41CrMo4 (281HB)
Herramienta: ø125mm Una sola placa
Condiciones de corte: vc=125.6m/min ap=4mm ae=110mm

Comparación de la resistencia de corte entre Diferentes formas de plaquitas



Tres fuerzas de resistencia al corte en fresado

Ángulo de posición **45°**
Gran fuerza hacia atrás.
Curvado de piezas delgadas y poca precisión de mecanizado.
* Previene las micro-roturas en el filo en el mecanizado de fundición.



Ángulo de posición **0°**
La fuerza hacia atrás está en la dirección menos. Levante la pieza, cuando la sujeción de ésta no sea buena.



Ángulo de posición **15°**
El ángulo de posición de 15° está recomendado para el mecanizado de piezas con baja rigidez.

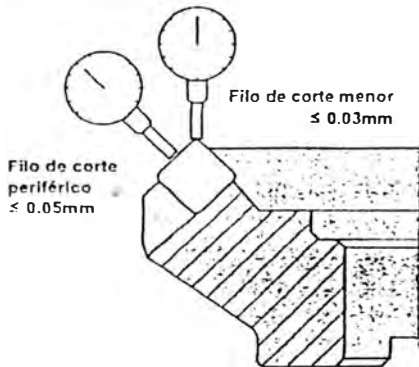


- * Fuerza principal: Fuerza opuesta a la dirección de rotación de la fresa.
- * Fuerza hacia atrás: Fuerza que empuja en la dirección axial.
- * Fuerza de avance: Fuerza en la dirección del avance producida por el avance de mesa

DATOS TECNICOS / FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS HERRAMIENTAS PARA FRESADO

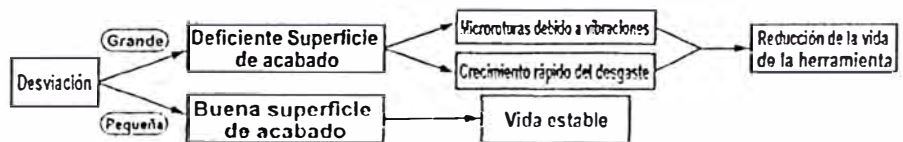
ACABADO SUPERFICIAL

Precisión del filo de corte



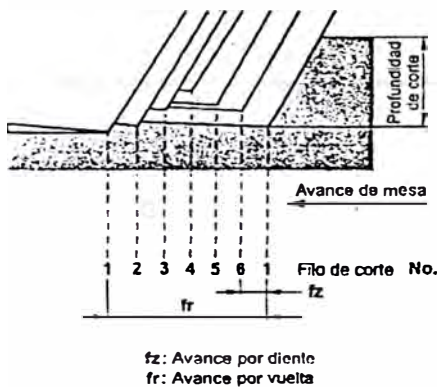
Salto entre dientes y precisión en planeado

El salto entre placas en el fresado planeado, afecta tanto a la superficie de acabado como a la vida de la herramienta.



Precisión en fresado planeado
 Filo de corte menor $\le 0.03\text{mm}$
 Filo de corte periférico $\le 0.05\text{mm}$

Mejora de la rugosidad



Desviación del filo secundario y acabado superficial

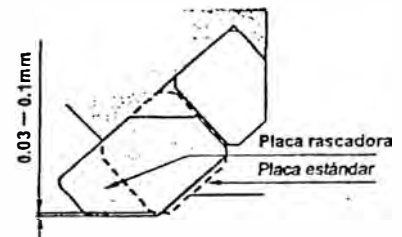
Desde que Mitsubishi fabrica las placas con ancho de faceta de 1.4mm y éstas se sitúan paralelas al cuerpo de la fresa; teóricamente, la precisión de la superficie de acabado debe mantenerse aún con una desviación mínima.

Problemas actuales

- Salto del filo de corte.
- Inclinación del filo secundario.
- Precisión del cuerpo de la fresa.
- Precisión de los repuestos.
- Recrecimiento del filo, vibraciones.

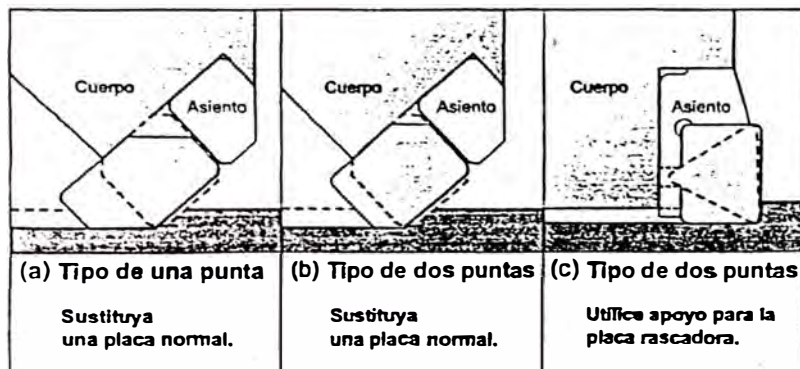
Contramedida

- Placa rascadora
- * Mecanizar una pieza que ha sido previamente mecanizada por una placa normal, para mejorar la superficie de acabado,



- Sustituya una o dos placas normales por placas wiper.
- Las placas rascadoras sobresalen entre 0.03 — 0.1mm más que las normales.

Cómo montar una placa Wiper



- La longitud del sub-filo de corte, tiene que ser mayor que el avance por vuelta.
- * Una faceta demasiado grande causa microroturas.
- Cuando el diámetro de la fresa sea grande y el avance por vuelta sea mayor que el filo secundario de la placa rascadora, utilice dos o tres placas rascadoras.
- Cuando utilizamos más de una placa rascadora, elimine el salto entre placas.
- Utilice un grado más duro mayor resistencia al desgaste en las placas rascadoras.

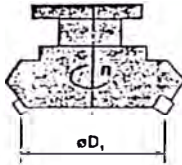
FORMULAS PARA FRESADO

E VELOCIDAD DE CORTE (vc)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocidad de corte D₁ (mm) : Diámetro de corte
 π (3.14) : Pi n (min⁻¹) : Revoluciones máximas del eje

*Dividir por 1,000 para cambiar m a mm.



(Problema) ¿Cuál es la velocidad de corte cuando la del eje son 350min⁻¹ y el diámetro de la fresa es ?

(Contestación) Sustituir π 3.14, D=125, n=350 en la fórmula.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 350}{1000} = 137.4 \text{ m/min}$$

La velocidad es 137.4m/min.

F AVANCE POR DIENTE (fz)

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \text{ (mm/tooth)}$$

fz (mm/tooth) : Avance por diente z : Número de placas
 vf (mm/min) : Avance de mesa por minuto.
 n (min⁻¹) : Revoluciones máximas del eje (Avance por vuelta fr = z x fz)



(Problema) ¿Cuál es el avance por diente cuando las revoluciones son 500 min⁻¹, el número de placas 10 y el avance de mesa es 500mm/min ?

(Contestación) Sustituir las figuras de arriba en la fórmula.

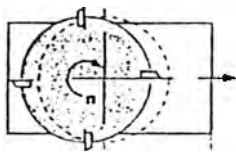
$$f_z = \frac{v_f}{z \times n} = \frac{500}{10 \times 500} = 0.1 \text{ mm/tooth}$$

La respuesta es 0.1mm/diente.

I AVANCE DE MESA(vf)

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \text{ (mm/min)}$$

vf (mm/min) : Avance de mesa por minuto.
 fz (mm/tooth) : Avance por diente z : Número de placas
 n (min⁻¹) : Revoluciones máximas del eje



(Problema) ¿Cuál es el vance de mesa cuando el avance por diente es 0.1mm/diente, el número de placas 10 y la velocidad de 500min⁻¹ ?

(Contestación) Sustituir las figuras de arriba en la fórmula.

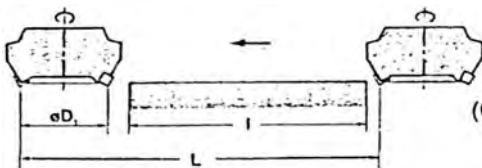
$$v_f = f_z \times z \times n = 0.1 \times 10 \times 500 = 500 \text{ mm/min}$$

El avance de table es 500mm/min.

F TIEMPO DE CORTE(Tc)

$$T_c = \frac{L}{v_f} \text{ (min)}$$

Tc (min) : Tiempo de corte
 vf (mm/min) : Avance de mesa por minuto.
 L (mm) : Longitud total del avance de tabla (Longitud de la pieza: l+Diámetro de la fresa:D)



(Problema) ¿ Cual es el tiempo necesario de acabado para mecanizar 100 mm de ancho y 300 longitud de superficie de una fundición (GG20) en un bloque, cuando el diámetro de corte es φ 200, el número de placas son 16, la velocidad de corte es 125m/min, y el avance por diente es 0.25 mm. (velocidad del usillo es 200min⁻¹) ?

(Contestación) Calcular el avance de mesa por min. vf=0.25 x 16 x 200=800mm/min

Calcular la longitud total avance de mesa.L=300+200=500mm

Sustituir las respuestas de arriba en la fórmula.

$$T_c = \frac{500}{800} = 0.625 \text{ (min)}$$

0.625 x 60=37.5 (seg.) La resquesta 37.5 seg.

FUERZA DE CORTE (Ne)

$Ne = \frac{ap \cdot ae \cdot vf \cdot KFs}{60 \times 10^6 \times \eta}$	Ne (kW) : Potencia actual ae (mm) : Ancho de corte KFs (N/mm ²): Fuerza de corte especifica	ap (mm) : Profundidad de corte vf (mm/min) : Avance de mesa por min. η : (Coeficiente de máquina)
--	---	---

(Problema) ¿Cuál es la potencia requerida para el fresado de acero para herramientas a una velocidad de 80m/min.?

(Contestación) Primero, calcule las revoluciones para obtener el avance por diente.

Cuando la profundidad de corte es 2mm, ancho de corte 80mm y el avance de mesa 280mm/min en una fresa de con 12 placas.

Coeficiente de máquina 80%.

$$n = \frac{1000vc}{\pi D} = \frac{1000 \times 80}{3.14 \times 250} = 101.91 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Avance por diente } fz = \frac{vf}{z \times n} = \frac{280}{12 \times 101.9} = 0.228 \text{ mm/diente}$$

Sustituir la fuerza de corte especifica en la fórmula.

$$Ne = \frac{2 \times 80 \times 280 \times 1800}{60 \times 10^6 \times 0.8} = 1.68 \text{ kW}$$

KFs

Material	Resistencia a la tracción (N/mm ²) y dureza	Fuerza de corte especifica KFs (N/mm ²)				
		0.1mm/diente	0.2mm/diente	0.3mm/diente	0.4mm/diente	0.6mm/diente
Acero medio	520	2200	1950	1820	1700	1580
Acero medio	620	1980	1800	1730	1600	1570
Acero duro	720	2520	2200	2040	1850	1740
Acero para herramientas	670	1980	1800	1730	1700	1600
Acero para herramientas	770	2030	1800	1750	1700	1580
Acero al Cromo-Manganeso	770	2300	2000	1880	1750	1660
Acero al Cromo-Manganeso	630	2750	2300	2060	1800	1780
Acero al Cromo-Molibdeno	730	2540	2250	2140	2000	1800
Acero al Cromo-Molibdeno	600	2180	2000	1860	1800	1670
Acero al cromo-niquel-molibdeno	940	2000	1800	1680	1600	1500
Acero al cromo-niquel-molibdeno	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Fundición	520	2800	2500	2320	2200	2040
Fundición dura	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Fundición Meehanita	360	2180	2000	1750	1600	1470
Fundición gris	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Latón	500	1150	950	800	700	630
Aleación ligera (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Aleación ligera (Al-Si)	200	700	600	490	450	390

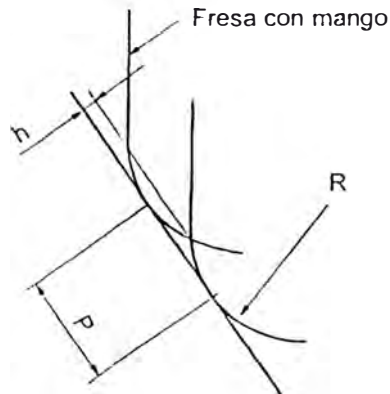
SOLUCION DE PROBLEMAS PARA FRESAS CON MANGO

E. FRESADO CON MANGO

Solución Problema		Selección de calidad	Condiciones de corte				Esbo y diseño de la herramienta			Máquina, Instalación de la herramienta				
		Herramienta recubierta	Velocidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Refrigeración	Angulo de hélice	Número de placas	Díametro de herramienta	Reducción del voladizo	Precisión de la instalación de la herramienta	Precisión de la pinza del eje	Revisión de pinzas o cambio	Aumento de la fuerza de fijación del cono
Daño en el cuerpo	● Rotura de la fresa			● ↙	● ↘			● ↘	● ↗	●		●	●	
Daño en el filo de corte	● Desgaste rápido del filo de corte	●	● ↙	● ↘	● ↘	●		● ↘						
	● Microroturas		● ↙	● ↘	● ↘	● Seco			●			●		●
	● Adhesión de las virutas	●				● Refrigeración		● ↗						
Tolerancia	● Deficiente Superficie de acabado		● ↙	● ↘	● ↘	●	● Refrigeración	● ↘	● ↗	●	●			
	● Ondulaciones		● ↙	● ↘	● ↘	●		● ↘	● ↗	●		●		
	● Sin verticalidad		● ↙	● ↘	● ↘	●		● ↘	● ↗	●				
	● Rebaba, Roturas en la pieza		● ↙	● ↘	● ↘	●		● ↘	● ↗	●				
	● Vibración		● ↙	● ↘	● ↘	●		● ↘	● ↗	●		●	●	●
Control de virutas	● Deficiente Evacuación de Virutas			● ↙	● ↘	●		● ↘						
Otros	<p>(1) Cuando el desgaste en el corte es el máximo el desgaste en la fresa ó deterioro pueden aparecer problemas en el proceso de mecanizado. En estos casos inicialmente se recomienda el reafilado. En principio, inicialmente se recomienda el reafilado.</p> <p>(2) Es conveniente solucionar todos los problemas con los filos de corte referentes a la longitud utilizando alta rigidez evitando la no desviación.</p>													

SELECCIONAR EL VALOR DEL PASO

PASO DE AVANCE (CONTORNEADO) FRESA CON MANGO CON RADIO



$$h = R \cdot \left[1 - \cos \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{P}{2R} \right) \right\} \right]$$

R : Radio de la punta, Ángulo del radio

P : Avance de punta

h : Altura de cresta

ÁNGULO (R) DEL RADIO DE LA FRESA Y ALTURA DE CRESTA POR PASO

Unidad:mm

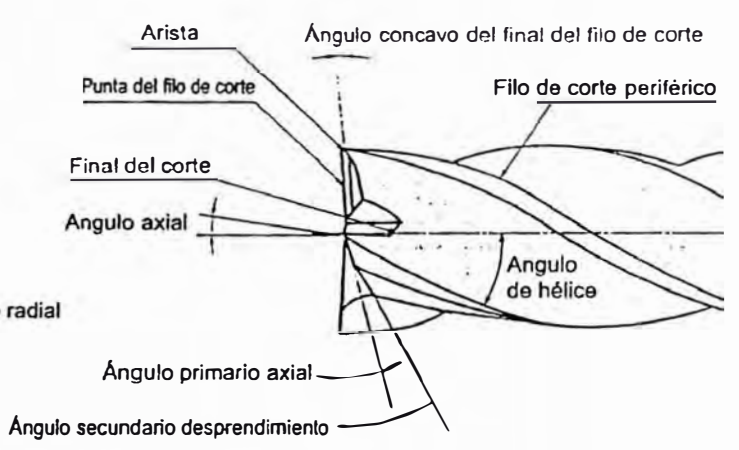
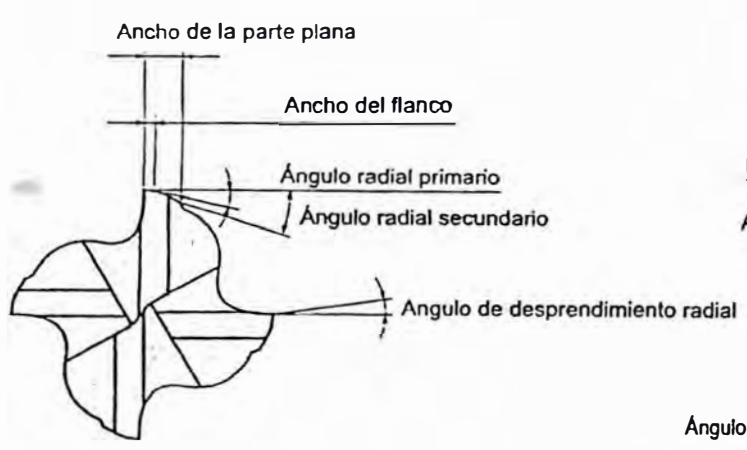
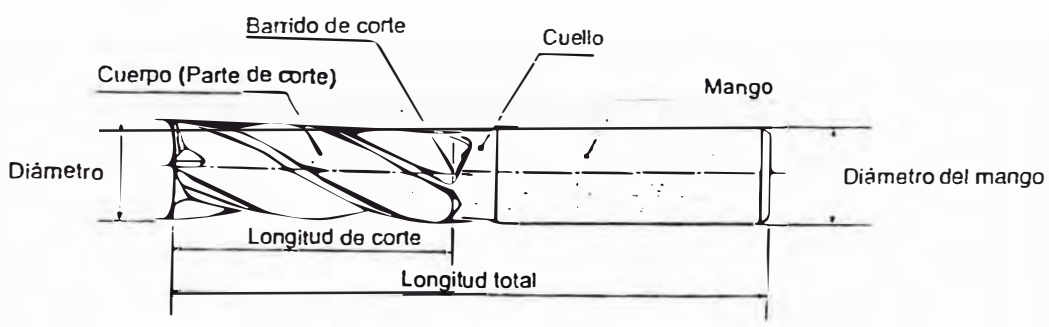
R \ P	Valor del paso (P)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	0.003	0.010	0.023	0.042	0.067	0.100	—	—	—	—
1	0.001	0.005	0.011	0.020	0.032	0.046	0.063	0.083	0.107	—
1.5	0.001	0.003	0.008	0.013	0.021	0.030	0.041	0.054	0.069	0.086
2	0.001	0.003	0.006	0.010	0.016	0.023	0.031	0.040	0.051	0.064
2.5	0.001	0.002	0.005	0.008	0.013	0.018	0.025	0.032	0.041	0.051
3		0.002	0.004	0.007	0.010	0.015	0.020	0.027	0.034	0.042
4		0.001	0.003	0.005	0.008	0.011	0.015	0.020	0.025	0.031
5		0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.020	0.025
6		0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.017	0.021
8			0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
10			0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.013
12.5			0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.010

R \ P	Valor del paso (P)									
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.104	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.077	0.092	0.109	—	—	—	—	—	—	—
2.5	0.061	0.073	0.086	0.100	—	—	—	—	—	—
3	0.051	0.061	0.071	0.083	0.095	0.109	—	—	—	—
4	0.038	0.045	0.053	0.062	0.071	0.081	0.091	0.103	—	—
5	0.030	0.036	0.042	0.049	0.057	0.064	0.073	0.082	0.091	0.101
6	0.025	0.030	0.035	0.041	0.047	0.054	0.061	0.068	0.076	0.084
8	0.019	0.023	0.026	0.031	0.035	0.040	0.045	0.051	0.057	0.063
10	0.015	0.018	0.021	0.025	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050
12.5	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.036	0.040

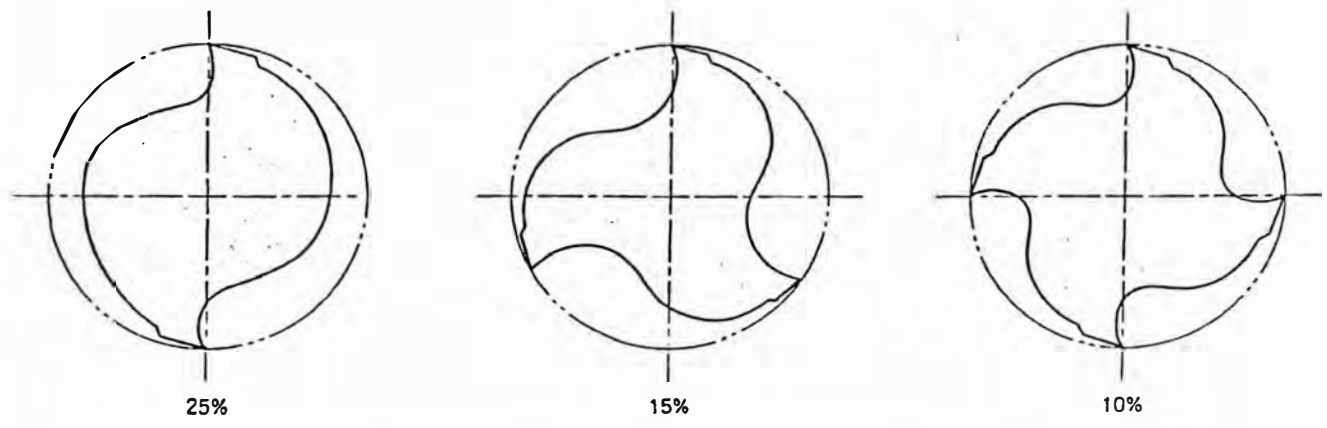
DATOS TÉCNICOS SELECCIONAR EL VALOR DEL PASO

CARACTERÍSTICAS DE LA FRESA Y ESPECIFICACIONES

I. NOMENCLATURA



II. NÚMERO DE HÉLICES DE LA FRESA



Comparación de la forma del área de desprendimiento de la viruta


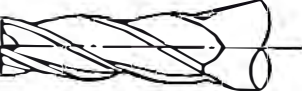

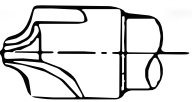
Características de las hélices y desprendimiento de viruta

	2-hélices	3-hélices	4-hélices
Características	Ventajas	Excelente desprendimiento de viruta. El taladrado es fácil.	Alta rigidez
	Fallos	Baja rigidez	No es fácil medir el diámetro. Mal desprendimiento de viruta.
Utilización	Ranurar, Fresado Lateral Taladrado etc. Es posible utilizar en mayor campo.	Ranurar, Fresado Lateral Corte Fuerte, Acabado	Ranurado superficial, fresado canteado Acabado


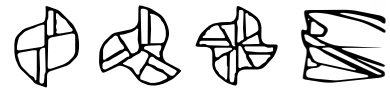


DATOS TECNICOS / CARACTERÍSTICAS DE LA FRESA Y ESPECIFICACIONES

TIPO Y GEOMETRIA

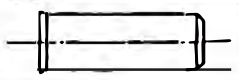
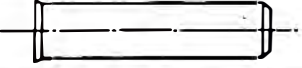
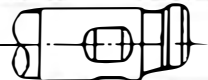
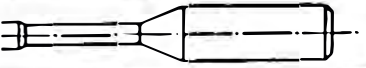

(1) Filo de corte periférico

Tipo	Figura	Características
Hélice Normal		La geometría de hélice regular como se muestra en la figura es la más conveniente para utilizar en desbaste y acabado de fresado canteado, ranurado y fresado escuadrado.
Hélice con conicidad		La geometría de hélice cónica se utiliza para aplicaciones especiales en el mecanizado de moldes y para mecanizados posteriores al fresado convencional.
Hélice de desbaste		La geometría para desbaste ha sido diseñada para romper el material formando pequeñas virutas. Adicionalmente la resistencia de corte es baja y permite altos avances cuando desbastamos. La cara interior de la hélice es apropiada para reaflar.
Hélice formada		Esta forma con geometría especial es utilizada para producir componentes con ángulo de radio. Hay una infinidad de estilos de fresas que pueden ser fabricadas utilizando como muestra esta fresa.

(2) Final del filo de corte

Tipo	Figura	Características
Acabado en escuadra (Con agujero en el centro)		Se utiliza generalmente para fresado lateral, ranurado y fresado escuadrado. No es posible el corte en plunge debido a que el agujero en el centro se utiliza para asegurar la precisión de afilado y reaflado de la herramienta.
Final en escuadra (Corte al centro)		Se utiliza generalmente para fresado lateral, ranurado y fresado escuadrado. El corte en plunge es posible para obtener mayor eficiencia en el corte y utilizando pocas hélices. Puede reaflarse el flanco frontal.
Final en punta de bola		Geometría muy aconsejable para fresado de superficies curvas. En la punta de la herramienta el canal de evacuación de la viruta es muy pequeña, luego hay una insuficiente evacuación de esta.
Final de radio con ángulo		Utilizado para radio con perfil y fresado con radio. Cuando el paso en fresado es con fresas de diámetros grandes y radios pequeños se puede utilizar de forma eficiente.

(3) Partes del mango y cuello

Tipo	Figura	Características
Estándar (Mango recto)		Tipo más ampliamente utilizado.
Mango largo		Tipo con mango largo para mecanizar en profundidades y aplicaciones de escuadrado.
Mango combinado		Utilizado generalmente para asegurar la sujeción cuando alargamos el diámetro de las fresas.
Cuello largo		Geometría de cuello largo, puede utilizarse para ranuras profundas y también apropiado para mandrinado.
Cuello cónico		Características cuello largo cónico, es la más utilizada para ranurado profundo y aplicaciones de moldes.

CARACTERÍSTICAS DE LA FRESA Y ESPECIFICACIONES



SOLUCION DE PROBLEMAS EN TALADRADO

TALADRADO

Solución / Problema		Condiciones de corte						Estilo y diseño de la herramienta						Máquina, Instalación de la herramienta									
		Velocidad de corte		Avance	Reducir avance al inicio del corte	Reducir avance al atravesar la pieza	Paso	Refrigeración			Angulo de la punta	Angulo de desprendimiento	Conicidad	Anchura de la parte plana	Ancho de honing	Espesor del núcleo	Diámetro del cuerpo	Longitud de ranura (Mango)	Precisión de la instalación de la herramienta	Reducción del voladizo	Cara plana de la pieza	Pieza bien sujeta	Estabilidad, rigidez de la máquina
		Subir ↗	Bajar ↘					Aumentar porcentaje de aceite de corte	Aumento del volumen	Aumento de la presión de refrigerante													
Daño en el cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> ● Rotura de la broca ● Rasguños anormales en el cuerpo 	↘	↘														↘	●		●		●	
Daño en el filo de corte	<ul style="list-style-type: none"> ● Fractura en el bisel de corte ● Fractura en la parte posterior ● Microroturas ● Rotura térmica ● Rotura por escamas en la punta ● Desgaste anormal en la parte plana ● Desgaste anormal en el centro 	↘	↘	●	●		●	●	●		↗	↗	↗	↗				●		●		●	
Virutas	<ul style="list-style-type: none"> ● Obstrucción de las virutas ● Virutas Largas ● Decoloración de las virutas 	↘	↘			●		●	●				↘	↘									
Precisión del agujero	<ul style="list-style-type: none"> ● Sobre-medida elevada ● Deficiente Superficie de Acabado ● Mala redondez ● Torcido, no vertical ● Rebaba 	↗	↘	●	●		●			↘	↘	●	↘	↘	●	●		●	●				
Otros	<ul style="list-style-type: none"> ● Vibración ● Ruido Anómalo 	↘	↘								↘	●	↘					●	●	●	●	●	

[DATOS TECNICOS] SOLUCION DE PROBLEMAS EN TALADRADO

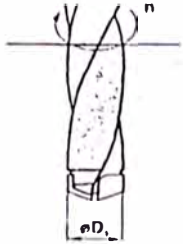
FORMULAS PARA TALADRADO

VELOCIDAD DE CORTE (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocidad de corte D_1 (mm) : Diámetro de broca
 π (3.14) : Constante circular n (min⁻¹) : Velocidad de giro del eje principal

* Transformación en unidades (desde "mm" a "m")



(Problema) ¿Cuál es la velocidad de corte cuando la velocidad del eje principal es 1350min⁻¹ y el diámetro de la broca es 12mm ?

(Contestación) Sustituir $\pi=3.14$, $D_1=12$, $n=1350$ en la fórmula.

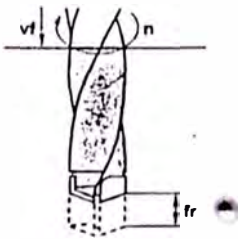
$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 12 \times 1350}{1000} = 50.9 \text{ m/min}$$

La velocidad es 50.9m/min.

AVANCE DEL EJE PRINCIPAL (vf)

$$vf = fr \cdot n \text{ (mm/min)}$$

vf (mm/min) : Velocidad de avance del eje principal (eje Z.)
 fr (mm/rev.) : Avance por vuelta
 n (min⁻¹) : Velocidad de giro del eje principal



(Problema) ¿Cuál es el avance del eje(vf) cuando el avance por revolución es 0.2mm/rev y la velocidad del eje principal es 1350min⁻¹?

(Contestación) Sustituir $fr=0.2$, $n=1350$ en la fórmula.

$$vf = fr \times n = 0.2 \times 1350 = 270 \text{ mm/min}$$

La avance del eje es 270mm/min.

TIEMPO DE TALADRADO (Tc)

$$Tc = \frac{ld \cdot l}{n \cdot fr}$$

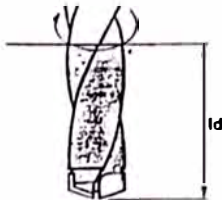
Tc (min) : Tiempo de taladrado
 n (min⁻¹) : Velocidad del husillo
 ld (mm) : Profundidad del agujero
 fr (mm/rev.) : Avance por vuelta
 l : Número de agujeros

(Problema) ¿Cuál es el tiempo necesario para taladrar un agujero de 30mm de longitud en acero aleado con una velocidad de corte de 50m/min y avance de 0.15mm/rev ?

(Contestación) Velocidad del husillo $n = \frac{50 \times 1000}{15 \times 3.14} = 1061.57 \text{ min}^{-1}$

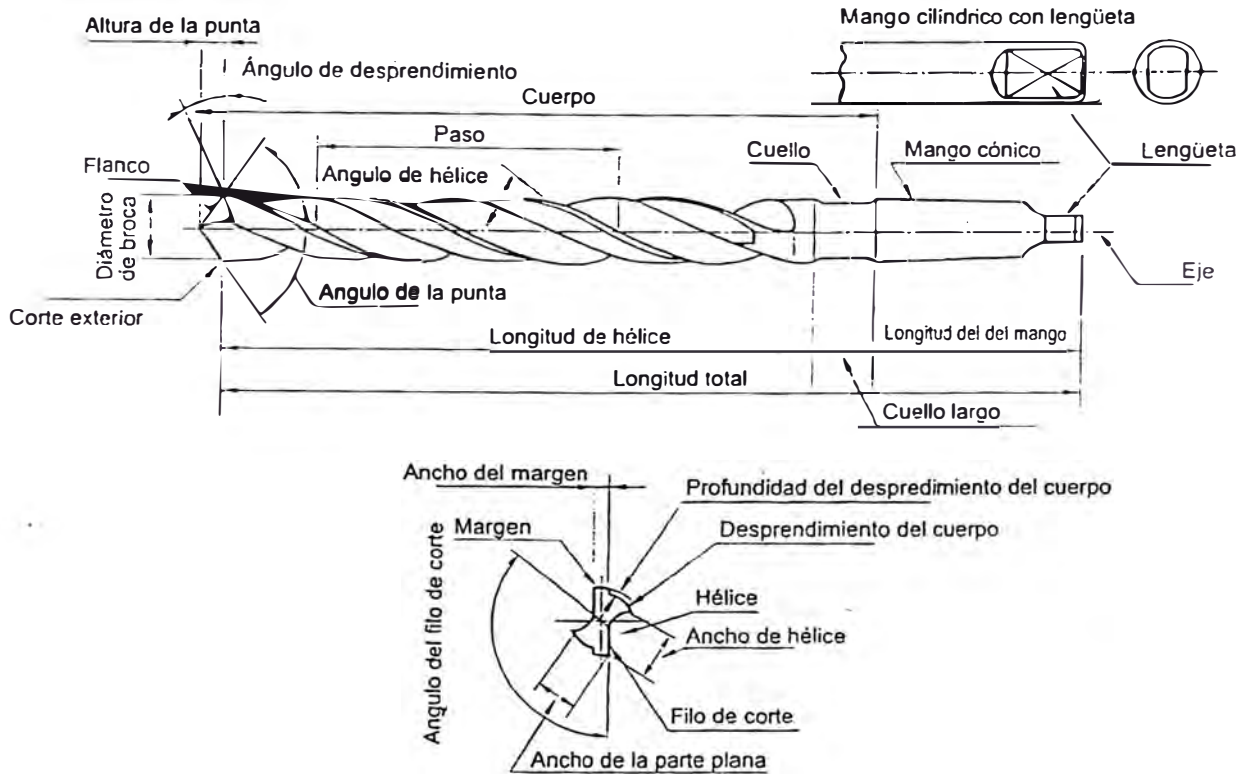
$$Tc = \frac{30 \times 1}{1061.57 \times 0.15} = 0.188$$

$$= 0.188 \times 60 = 11.3 \text{ sec}$$



CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS BROCAS

I. NOMENCLATURA

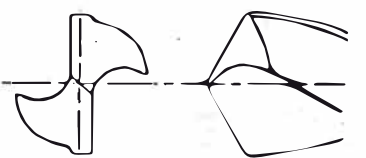
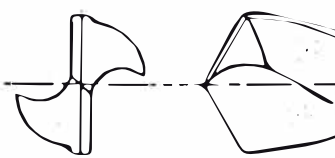
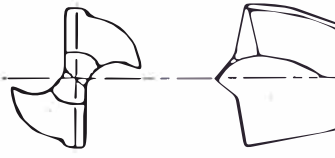


II. ESPECIFICACIONES DE LA FIGURA Y CARACTERISTICAS DE CORTE

Ángulo de hélice	Es la inclinación de la hélice respecto a la dirección axial de una broca; lo que corresponde al ángulo de desprendimiento de una placa. El ángulo de desprendimiento de una broca, varía de acuerdo con la posición del filo de corte, y disminuye en cuanto la circunferencia se aproxima al centro. Material de gran dureza Pequeña ← Ángulo de desprendimiento → Grande Material blando (Aluminio, etc.)			
Longitud de hélice	Está determinada por la profundidad del agujero, longitud del casquillo y límite del reafilado. Ya que tiene una gran influencia en la vida de la broca; es necesario minimizarla tanto como sea posible.			
Ángulo de la punta	En general, éste es de 118° ; pero se debe ajustar de acuerdo con la aplicación. Material blando, con buena maquinabilidad. Pequeña ← Ángulo de la punta → Grande Para material duro y mecanizado de alta eficiencia			
Espesor del Web	Es un elemento importante, que determina la rigidez y la formación de las virutas en la broca. El espesor del web se ajusta de acuerdo con la aplicación. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;"> Baja resistencia de corte Baja rigidez Buena formación de viruta Material con buena maquinabilidad </td> <td style="border: none; text-align: center;"> Delgado ← Espesor del web → Grueso </td> <td style="border: none;"> Gran resistencia de corte Alta rigidez Poor chip raking performance Material de gran dureza, taladrado de agujeros cruzados, etc. </td> </tr> </table>	Baja resistencia de corte Baja rigidez Buena formación de viruta Material con buena maquinabilidad	Delgado ← Espesor del web → Grueso	Gran resistencia de corte Alta rigidez Poor chip raking performance Material de gran dureza, taladrado de agujeros cruzados, etc.
Baja resistencia de corte Baja rigidez Buena formación de viruta Material con buena maquinabilidad	Delgado ← Espesor del web → Grueso	Gran resistencia de corte Alta rigidez Poor chip raking performance Material de gran dureza, taladrado de agujeros cruzados, etc.		
Margen	La punta determina el diámetro de la broca y tiene la función de guía durante el taladrado. El ancho del margen determina el rozamiento en el taladrado de un agujero. Mala guía Pequeña ← Ancho de margen → Grande Buena guía			
Conicidad del diámetro	Para reducir la fricción dentro del agujero taladrado, la hélice tiene una pequeña conicidad desde la punta hasta el mango. El grado de conicidad se representa normalmente por la reducción del diámetro con respecto de la longitud de la hélice; aproximadamente, 0.04 - 0.1 mm. Se utiliza un valor alto para brocas de alta eficiencia, lo que permite el taladrado de agujeros próximos.			


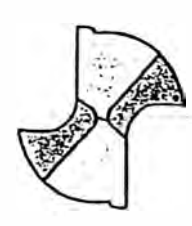
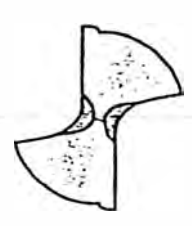

DATOS TECNICOS | CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS BROCAS

FORMAS REPRESENTATIVAS DEL FILO DE CORTE







Figura	 <p><Cónica></p>	 <p><Plana></p>	 <p><Cola de pez></p>
Características	<ul style="list-style-type: none"> • El flanco es cónico y el ángulo de desprendimiento, aumenta hacia el centro de la broca. • Es una forma general, utilizada normalmente, para materiales duros y blandos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El flanco es plano, para facilitar el corte y la rotura de las virutas. • Esta figura se utiliza, normalmente, para brocas de pequeño diámetro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta figura tiene el ángulo de punta de dos etapas, para mejorar la concentricidad y reducir las rebabas. • Se utiliza en taladrado de chapas delgadas y marcos de acero.

ESPESOR DEL WEB

El ángulo de desprendimiento del filo de corte, se va reduciendo a medida que nos acercamos al centro; y se transforma en un ángulo negativo en el filo del bisel. Durante el taladrado, el centro de la broca está empujando al material, generando entre el 50-70% del esfuerzo de corte. El espesor del web, es muy importante para la reducción del esfuerzo de corte de una broca, rápida evacuación de las virutas del filo y suave taladrado.

Figura	 <p>TIPO X</p>	 <p>TIPO XR</p>	 <p>TIPO S</p>	 <p>TIPO N</p>
Características	<p>Se reduce el empuje sustancialmente, y se mejora en el mecanizado. Esto es efectivo cuando el web es mas bien ancho.</p>	<p>El mecanizado es un poco peor que con el tipo X, pero el filo de corte está más reforzado y se puede aplicar en un mayor tipo de operaciones.</p>	<p>Corte fácil. Forma de mayor utilización.</p>	<p>Es efectivo cuando el web es comparativamente ancho.</p>
Aplicaciones principales	<p>Taladrado en general y de agujeros profundos.</p>	<p>Mayor vida. Taladrado en general y del acero inoxidable.</p>	<p>Taladrado en general del acero, fundición y metales no-férricos.</p>	<p>Taladrado profundo.</p>

VIRUTAS DE TALADRADO



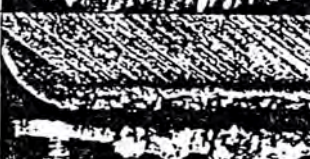








Tipos de virutas	Figura	Características y fácil clasificación
1. Espiral cónica		<p>Virutas con forma de abanico, cortadas por el filo y curvadas por las hélices. Este tipo de virutas, se producen cuando el avance es pequeño. Si las virutas se rompen después de varias vueltas, el resultado es satisfactorio.</p>
2. Paso largo		<p>Virutas de paso largo, evacuadas sin enrollarse. Fácilmente enrollables en la broca.</p>
3. Abanlco		<p>Esta es una viruta rota por la broca y por la pared del agujero. Se produce cuando el avance es alto.</p>
4. Segmento		<p>Viruta de forma cónica-espiral; rota justo antes de que se convierta en una de paso largo, por el roce con la pared del agujero. Excelente evacuación y disposición de las virutas.</p>
5. Zig-zag		<p>Viruta retorcida y plegada por la forma de la hélice y las características del material. Fácilmente produce aglomeración de virutas en la hélice.</p>
6. Palpador		<p>Virutas rotas por vibración o cuando el material taladrado es rizado por un pequeño radio. El resultado es comparativamente satisfactorio; pero estas virutas, se pueden apilonar fácilmente.</p>

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS BROCAS

DATOS TÉCNICOS

DESGASTE Y ROTURA DE LA HERRAMIENTA

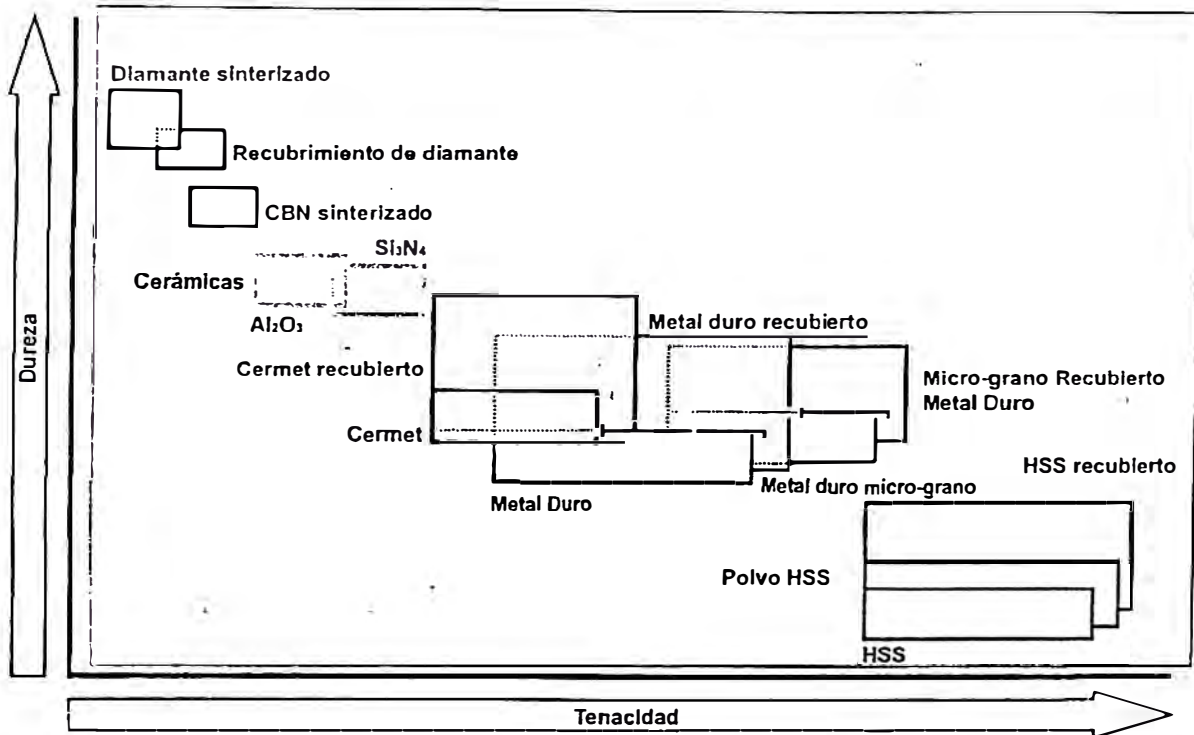
CAUSAS Y CONTRAMEDIDAS

Tipos de daño en las placas		Causa	Contramedida
Desgaste de flanco		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado blanda. • Velocidad de corte demasiado alta. • Ángulo de desprendimiento demasiado pequeño. • Avance extremadamente bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta resistencia al desgaste. • Reducir velocidad de corte. • Aumento del ángulo de desprendimiento. • Aumento del avance.
Desgaste del cráter		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado blanda. • Velocidad de corte demasiado alta. • Avance demasiado alto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta resistencia al desgaste. • Reducir velocidad de corte. • Reducir avance.
Microroturas		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado dura. • Avance demasiado alto. • Pérdida de la robustez del filo. • Pérdida de la rigidez de la herramienta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta tenacidad. • Reducir avance. • Aumento del honing. (Cambio de honing redondeado a honing con chaflán.) • Utilizar herramienta de mayor diámetro.
Rotura		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado dura. • Avance demasiado alto. • Pérdida de la robustez del filo. • Pérdida de la rigidez de la herramienta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta tenacidad. • Reducir avance. • Aumento del honing. (Cambio de honing redondeado a honing con chaflán.) • Utilizar herramienta de mayor diámetro.
Deformación plástica		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado blanda. • Velocidad de corte demasiado alta. • Profundidad de corte y avance excesivos. • Alta temperatura de corte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta resistencia al desgaste. • Reducir velocidad de corte. • Reduzca la profundidad y el avance. • Calidad de la placa con alta conductibilidad del calor.
Recrecimiento del filo		<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de corte baja. • Filo de corte poco puntiagudo. • Calidad inapropiada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la velocidad de corte. (Para DIN Ck45, velocidad de corte 80m/min.) • Aumento del ángulo de desprendimiento. • Calidad de la placa con baja afinidad. (Grado recubierto, grado cermet)
Rotura térmica		<ul style="list-style-type: none"> • Expansión y contracción debido al calor en el corte. • Calidad de la placa demasiado dura. *Especialmente en fresado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corte en seco. (Para corte refrigerado, la pieza debe de estar sumergida en fluido.) • Calidad de la placa con alta tenacidad.
Entalladura		<ul style="list-style-type: none"> • Superficies duras, piezas enfriadas rápidamente y capas endurecidas por el mecanizado. • Fricción causada por virutas dentadas. (Causado por una pequeña vibración) 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa con alta resistencia al desgaste. • Aumento del ángulo de desprendimiento para un corte más suave.
Rotura por escamas		<ul style="list-style-type: none"> • Ahdesión en el filo de corte. • Deficiente evacuación de virutas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del ángulo de desprendimiento para un corte más suave. • Agarrdar la salida de viruta.
Desgaste de flanco Rotura *Roturas típicas de policristalinos		<ul style="list-style-type: none"> • Daño debido a la falta de resistencia de un filo redondeado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del honing. • Calidad de la placa con alta tenacidad.
Desgaste del cráter Rotura *Roturas típicas de policristalinos		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la placa demasiado blanda. • La resistencia de corte es muy alta y genera mucho calor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzca el honing. • Calidad de la placa con alta resistencia al desgaste.

DATOS TECNICOS | DESGASTE Y ROTURA DE LA HERRAMIENTA

MATERIALES DE CORTE

El carburo metálico Wc-CO x desarrolló en 1923 y fue mejorado más tarde por el TiC y TaC. En 1969, se desarrolló la tecnología de recubrimiento CVD y, desde entonces, ha sido utilizada ampliamente. El cermet de base TiC-TiN, se desarrolló en 1974. Hoy, la frase "el metal duro recubierto para desbaste y el cermet para acabado" tiene una amplia aceptación.



CARACTERÍSTICAS DE LOS GRADOS

Materiales duros	Dureza (HV)	Formación de energía (kcal/g · atom)	Solubilidad en hierro (%.1250°C)	Conductividad térmica (W/m · k)	Expansión térmica* (x 10 ⁻⁶ /k)	Material
Diamante	>9,000	-	Altamente soluble	2,100	3.1	Diamante sinterizado
CBN	>4,500	-	-	1,300	4.7	CBN sinterizado
Si ₃ N ₄	1,600	-	-	100	3.4	Cerámicas
Al ₂ O ₃	2,100	-100	≈0	29	7.8	Cerámicas Metal Duro
TiC	3,200	-35	< 0.5	21	7.4	Cermet Metal duro recubierto
TiN	2,500	-50	-	29	9.4	Cermet Metal duro recubierto
TaC	1,800	-40	0.5	21	6.3	Metal Duro
WC	2,100	-10	7	121	5.2	Metal Duro

*W/m K 2.39 × 10⁻³ cal/cm · sec · °C

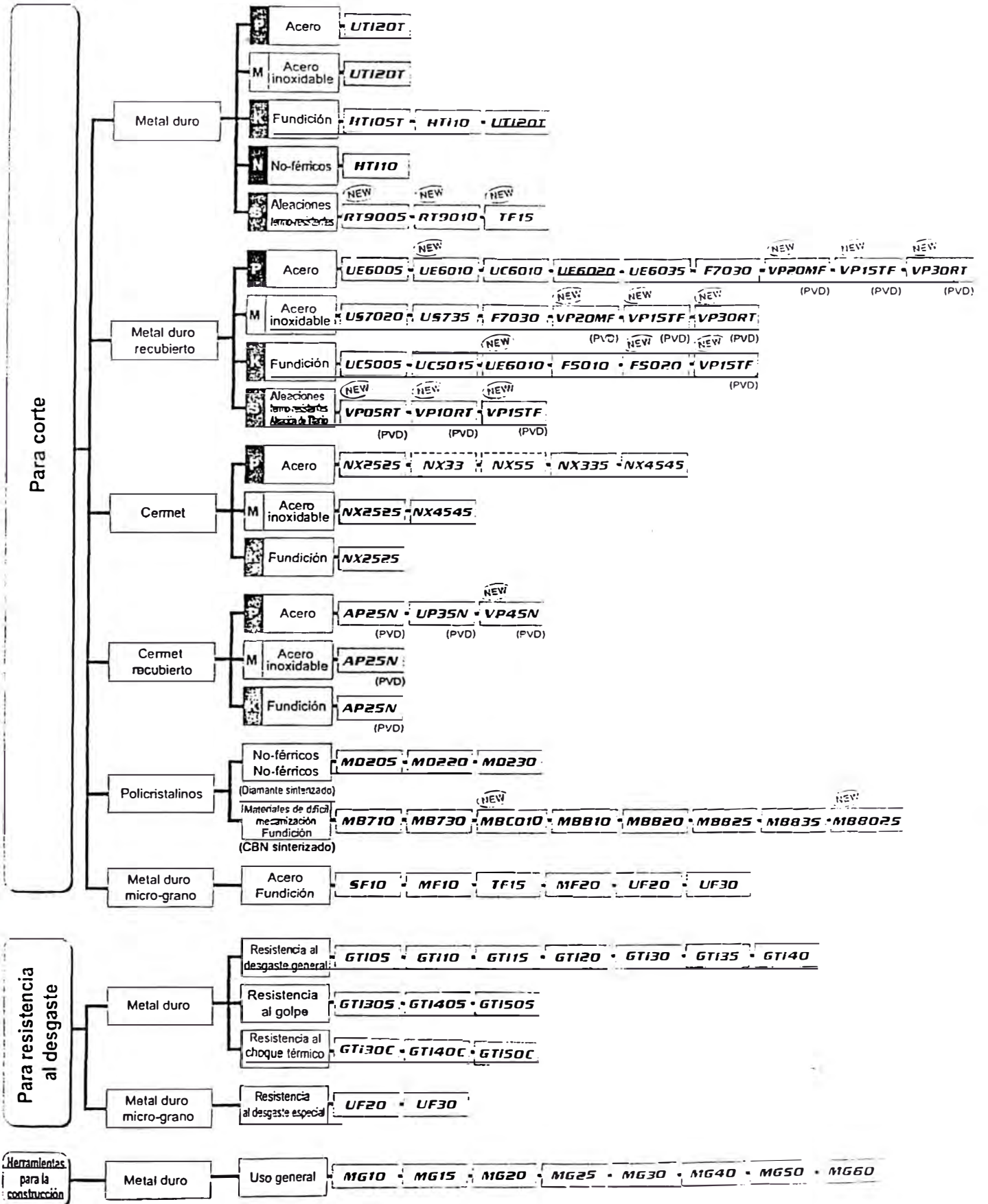
MATERIALES DE CORTE



DATOS TECNICOS

GRUPOS DE CALIDADES

En Mitsubishi Materials, los grados se dividen en tres categorías: P, M y K; de acuerdo con la aplicación estándar del metal duro de la norma JIS B4053. Además, tenemos grados para herramientas anti-desgaste y para herramientas para la construcción. Esta abundancia de grados, asegura una aplicación en todas las condiciones de corte. Los grados recubiertos, permiten un corte eficiente. El cermet y cermet recubiertos, son apropiados para corte medio y acabado. Las aleaciones micro-grano, para condiciones de corte bajas. Los aleaciones compactas super duras, manifiestan una excelente vida en el mecanizado de materiales de difícil mecanización y materiales no-férricos.



* [] Calidad sustituida por nuevos productos

TABLA DE COMPARACION DE GRADOS

METAL DURO

	ISO	Mitsubishi Carbide	Sumitomo Electric	Toshiba Tangaloy	Kyosera	Dijet	Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Widia	
	Simbolo											
Torneado	P	P01				SRN						
		P10		ST10P	TX10S		SRT	WS10	S1P	K2885		TTX
		P20	UTi20T	ST20E	TX20 TX25		SRT SR20 DX30	EX35	SMA	K125M	S10M	TTX TTM TTMS+
		P30	UTi20T	A30N A30 SL30E	TX30 UX30	PW30	SR30 DX30 DX35	EX35 EX40	SM30	KMF	525M	TTM TTMS+ TTR
		P40		ST40E	TX40		SR30 DX35	EX45	S6	PVA GX	S60M	TTM TTMS+ TTR
	M	M10		U10E	TU10		UMN UM10	WA10B	H10A	K313 K68 KMI	HX890	TTR
		M20	UTi20T	U2	TU20		UMS UM20 DX25	EX35	H13A	KMF K8735	S10M 883	TTX
		M30	UTi20T	A30N A30	UX30		UMS DX25 UM30	EX40 EX45	H10F	PVA	S60M	TTX TTM TTMS+ THR
		M40		A40	TU40		UM40	EX45 WA40				TTR THR
	K	K01	HTi05T RT9005	H2 H1	TH03		KG03	WH05	H1P	K68 K313		THM-F
		K10	HTi10 RT9010	EH10 EH510	G1F H10T TH10	KW10	KG10 KT9 CR1	WH10	H10A HM H10	KMI K8735		THM-F THM
		K20	RT9010	G10E EH20 EH520	G2F KS20 G2		KG20 KT9 CR1	WH20	H13A	KMF	890HX 883	THM THR
		K30		G3	G3		LF12 KG30					THR
	Fresado	K	UTi20T	A30N	TX25 UX30 TU40	PW30	SR20 SR30 DX25 DX30 SRT DTU UMN UMS	EX35 EX40 EX45	S1P R4	K110M K313 KFM K125 GX K600	S10M S25M S60M	TTMS+ TTMS TTM TTR
			UTi20T HTi05T HTi10 HTi20T	G10E EH20	TU10 TH10	KW10	KG03 KG10 KG20 KG30 KT9 CR1 LF12	WH10 WH20 WA10B	H1P	K110M KFM K313	HX H15 H25	THM THR

	ISO	Mitsubishi Carbide	Sumitomo Electric	Toshiba Tangaloy	Kyosera	Dijet	Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Widia
Micro-grano	K01	ZH104 HTi10 SF10 MF10	AFU AF0 AF1 F0 F1	F MD08F		FB10 FZ05		6UF 8UF PN90			
	K10	MF20 UF20	AF1	M MD10	FW30	FB15 FZ15 FB20	NH10 NM12	H6FF 12UF		890	
	K20	TF15 UF30	A1 CC	MD20 EM10		FB15 FZ15 FB20	BRM20	N6F H10F		883 890	
	K30			UM		FZ15 FB20	NM25			883	

(Nota) La tabla de arriba está extraída de una publicación. No tenemos confirmación de cada compañía.

DATOS TÉCNICOS TABLA DE COMPARACION DE GRADOS

TABLA DE COMPARACION DE GRADOS

METAL DURO RECUBIERTO

Clasificación	ISO	Mitsubishi Carbide	Sumitomo Electric	Toshiba Tangaloy	Kyosera	Dijet	Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Valenite		
	Simbolo												
Torneado	P	P01	UE6005	AC700G	T9005 TD905 T7005	CR7015 PR905	JC110V	GM8015	GC4015	KC910	TP1000 TX100	SV305	
		P10	UE6005 UE6010 UE6020 UC6010	AC700G AC2000	T9015 TD905 TD915 T715X	CR7015 PR915 PR930	JC110V JC215V	GM8015 GM8020 GM10 GM25	GC4015 GC1025	KC9010 KC990 KC935 KC730 KC5010	TP1000 TP100 TX150 CP200	SV310 SV315	
		P20	UE6010 UE6020 UC6010 VP15TF VP20MF UP20M	AC2000	T9015 T9025 TD915 TD920 T7020 GH330	CA5025 CR9025 PR930 PR630	JC110V JC215V	GM8020 GM25 GM8035	GC4025 LC25 GC1020 GC1025	KC9025 KC950 KC810 KC850 KC935 KC9040	TP200 TX150 CP250 CP300	SV320 SV325	
		P30	UE6035 US735 VP15TF VP20MF UP20M	AC3000	T9025 T9035 TD930 T725X AH120 GH330	CA5025 CR9025 PR630 PR660	JC215V JC325V	GM25 GM8035	GC4025 GC4035 GC1020 GC1025 GC4125	KC9040 KC850 CG4 KC5025	TP200 TP300 TP400 CP500	SV325 SV330	
		P40	UE6035 US735	AC3000 AC304	T9035 TD930 AH120		JC325V JC450V	GM8035	GC1020 GC1120 GC235 GC2145	KC250 KC9045	TP300 TP400 TP40 CP500	SV230 V1N VC911	
		M	M10	UE6010 US7020	EH10Z EH510Z	TD915 T715X	CA6015 PR905 PR915 PR930	JC5003 JC110V	GM10 GM25	GC2015 GC1025 GC1005 GC1025	KC732 KC935 KC850 KC5010	TP100 CP200	V05 V88 VC929
			M20	US7020 UE6020 VP15TF VP20MF UP20M	EH20Z EH520Z	T6020 T725X GH330	CA6015 PR930 PR630	JC110V JC5015	GM25 GM8035	GC2015 GC1005 GC1020 GC1025 GC4125	KC935 KC850 KC250	TP200 TP300 CP250 CP300 CP500	V88 VX8 VC928
			M30	UE6035 US735 VP15TF VP20MF UP20M	AC304	T6030 AH120	PR630 PR660	JC5015	GM8035 GX30	GC1020 GC1120 GC2035 GC2035 GC4125		TP300 TP400 TP40 CP500	V88 VX8 VC928 V1N
			M40	US735	AC3000				GX30	GC2145		TP400 TP40	V1N
			K01	UC5005 UC5015	AC300G	T5010 AH110	CA4010	JC105V	GM3005 GM8015	GC3005 GC3015	KC910 KC732 KC5410	TX100	SV405 SV510
			K10	UC5015 UE6010 VP05RT	AC700G EH10Z EH510Z	T5010 T5020 AH110 GH110	CA4010 PR610	JC105V JC110V	GM3005 GM8015 GM8020 GM25	GC3005 GC3015	KC900 KC990 KC950 KC5010 KC7310	TP100 TX100 TX150 CP200	SV410 SV515
			K20	UE6010 VP10RT VP15TF	AC700G AC2000 EH20Z EH520Z	T5020 AH120	CA4010	JC110V JC215V	GM8020 GM25	GC1020 GC1120 GC3025	KC9120 KC9025 KC935 CG4	TP200 TX150 CP200 CP250	SV415 SV515
			K30	VP15TF				JC215V	GM25	GC4125		TP200 TX150 CP500	
	Fresado			F7030 VP15TF VP30RT UP20M	AC230 AC2330 AC2350	T325 AH120 AH740 GH330 AH330 AH140	PR630 PR660 PR730 PR830	JC5003 JC730U JC5030 JC5015 JC5040	CY15 CY25 CY150 CY250 CY9020 HC844	GC1025 GC2030 GC2040 GC4020 GC4030 GC4040	KC994M KC725M KC792M	T250M T20M T25M F20M F25M F30M T60M	V1N VC935
			M	F7030 VP15TF VP30RT UP20M	EH20Z AC2350	T325 GH330 AH330 AH120 AH140			CY250 CY9020	GC1025 GC2030 GC2040	KC994M KC725M	T250M T20M T25M	V1N VC935
				F5010 F5020	AC211 EH20Z AC2310	T1015 T1020 AH110 AH120	PR510	JC5003 JC600 JC610 JC5015	CY100H CY10H CY9020	GC3020 GC3040 GC4040	KC910 KC992M KC620M	T150M T20M F15M	VN5 VC928

(Nota) La tabla de arriba está extraída de una publicación. No tenemos confirmación de cada compañía.

CERMET

Clasificación	ISO	Mitsubishi Carbide	Sumitomo Electric	Toshiba Tangaloy	Kyosera	Dijet	Hitachi Tool	NTK	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	
	Símbolo												
Torneado	P01	AP25N	T110A	NS520 AT520	TN30 PV30	LN10 CX50	CH350	T3N T15 Q15		KT125 HTX		IC20N IC520N	
	P10	AP25N NX2525	T2000Z T1200A	NS520 AT520 AT530	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10 CX50 NIT CX75	CH350 CZ25	T15 C30 N20 Q15	CT5015 CT525	KT315 KT175 HT2 KZ205	CM	IC20N IC520N IC530N IC75T	
	P20	AP25N NX2525 UP35N NX335	T2000Z T1200A T130A T3000Z	NS530 AT530 GT530	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX50 NAT CX75	CH550 CZ1025	N40	GC1525	KT175 HT5 PS5		IC20N IC520N IC530N IC75T IC30N	
	P30	VP45N	T3000Z	NS530						HT7		IC30N IC75T	
	M10	AP25N NX2525	T110A	NS520 AT520 AT530 GT530	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10	CH350		CT5015 CT525	KT315 KT125	CM		
	M20	AP25N NX2525	T2000Z T1200A	NS530 N308	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX50 NIT CX75 NAT	CH550 CZ1025		GC1525	KT175 HT2 PS5			
	M30		T3000Z			CX75							
	K01	AP25N NX2525	T110A	NS520 AT520 AT530 GT530	TN30 PV30	LN10			T3N T15 Q15	CT5015			
	K10	AP25N NX2525	T2000Z T1200A	NS520 AT520 AT530 GT530	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10	CH350		T3N T15 Q15	CT525	KT315 HTX		
	K20	AP25N NX2525				NIT							
Fresado	P10	NX2525		NS530	TN60	NIT CX75				KT530M KT195M	C15M		
	P20	NX2525		NS530	TN60 TN100M	NAT CX75 CX90	CH550 CH7030 CH570	C50	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M	IC30N	
	P30	NX4545	T250A	NS540		CX90 CX99 SUZ						IC30N	
	M10	NX2525			TN60						C15M		
	M20	NX2525		NS530 N308	TN60 TN100M	NIT CX75 NAT	CH550 CH7030 CH570		CT530	KT530M HT7 KT195M KT605M	C15M		
	M30	NX4545	T250A	NS540		CX75 CX90 CX99 SUZ					C15M		
	K01					LN10							
K10	NX2525			N	LN10						IC30N		
K20	NX2525				NIT								

CBN

Material	Características del corte	Mitsubishi Carbide	Sumitomo Electric	Toshiba Tangaloy	Kyosera	Dijet	Sandvik	GE	DeBeers
Acero endurecido	Resistencia al desgaste ↑ Tenacidad ↓	MBC010 MB810 MB820 MB8025 MB825 MB835	BNX10 BNX20 BNC80 BN250 BNX25 BNC200 BN300	BX310 BX330 BXC50 BX360 BX380	KBN10B KBN25B KBN900	JBN330 JBN300 JBN245	CB7020 CB7050	HTC2000 BZN8200	DBC80 DBC50
Aleaciones termo-resistentes	Resistencia al desgaste ↑ Tenacidad ↓	MB730	BN250 BN600	BX450 BX480 BX950	KBN10B KBN25B			BZN6000	
Fundición	Resistencia al desgaste ↑ Tenacidad ↓	MB710 MB730	BN100 BN500 BN600	BX930 BX850 BX950	KBN65B KBN900	JBN795	CB7050	BZN6000 BZN7000S	DBC80

(Nota) La tabla de arriba está extraída de una publicación. No tenemos confirmación de cada compañía.

DATOS TÉCNICOS TABLA DE COMPARACION DE GRADOS



REFERENCIA GENERAL DE MATERIALES

ACERO Y ACERO DE CONSTRUCCION

País										
Alemania	U.K.	Suecia	E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón		
Estándar										
W.-nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
1.0401	C15	080M15	-	1350	1015	CC12	-	C15C16	F.111	-
1.0402	C22	050A20	2C	1450	1020	CC20	C25-1	C20C21	F.112	-
1.0501	C35	060A35	-	1550	1035	CC35	C35-1	C35	F.113	-
1.0503	C45	080M46	-	1650	1045	CC45	C45-1	C45	F.114	-
1.0535	C55	070M55	-	1655	1055	-	C55-1	C55	-	-
1.0601	C60	080A62	43D	-	1060	CC55	C60-1	C60	-	-
1.0715	9SMn28	230M07	-	1912	1213	S250	-	CF9SMn28	11SMn28	SUM22
1.0718	9SMnPb28	-	-	1914	12L13	S250Pb	-	CF9SMnPb28	11SMnPb28	SUM22L
1.0722	10SPb20	-	-	-	-	10PbF2	-	CF10PB20	10SPb20	-
1.0726	35S20	212M36	8M	1957	1140	35MF4	-	-	F.210.G	-
1.0736	9SMn36	240M07	1B	-	1215	S300	-	CF9SMn36	12SMN35	-
1.0737	9SMnPb36	-	-	1926	12L14	S300Pb	-	CF9SMnPb36	12SMnP35	-
1.0904	55Si7	250A53	45	2085	9255	55S7	55Si7	55Si8	56Si7	-
1.0961	60SiCr7	-	-	-	9262	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	60SiCr8	-
1.1141	Ck15	080M15	32C	1370	1015	XC12	C16-2	C16	C15K	S15C
1.1157	40Mn4	150M36	15	-	1039	35M5	-	-	-	-
1.1158	Ck25	-	-	-	1025	-	C25-2	-	-	S25C
1.1167	36Mn5	-	-	2120	1335	40M5	-	-	36Mn5	SMn438(H)
1.1170	28Mn6	150M28	14A	-	1330	20M5	28Mn6	C28Mn	-	SCMn1
1.1183	Cf35	060A35	-	1572	1035	XC38TS	C36	C36	-	S35C
1.1191	Ck45	080M46	-	1672	1045	XC42	C45-2	C45	C45K	S45C
1.1203	Ck55	070M55	-	-	1055	XC55	C55-2	C50	C55K	S55C
1.1213	Cf53	060A52	-	1674	1050	XC48TS	C53	C53	-	S50C
1.1221	Ck60	080A62	43D	1678	1060	XC60	C60-2	C60	-	S58C
1.1274	Ck101	060A96	-	1870	1095	-	-	-	-	SUP4
1.3401	G-X120Mn12	Z120M12	-	-	-	Z120M12	-	XG120Mn12	X120MN12	SCMnH/1
1.3505	100Cr6	534A99	31	2258	52100	100C6	-	100Cr6	F.131	SUJ2
1.5415	15Mo3	1501-240	-	2912	ASTMA204GrA	15D3	16Mo3	116Mo3KW	16Mo3	-
1.5423	16Mo5	1503-245-420	-	-	4520	-	16Mo5	16Mo5	16Mo5	-
1.5622	14Ni6	-	-	-	ASTMA350LF5	16N6	18Ni6	114Ni6	15Ni6	-
1.5662	X8Ni9	1501-509;510	-	-	ASTMA353	-	10Ni36	X10Ni9	XBNI09	-
1.5680	12Ni19	-	-	-	2515	Z18N5	12Ni20	-	-	-
1.5710	36NiCr6	640A35	111A	-	3135	35NC6	-	-	-	SNC236
1.5732	14NiCr10	-	-	-	3415	14NC11	-	16NiCr11	15NiCr11	SNC415(H)
1.5752	14NiCr14	655M13; 655A12	36A	-	3415;3310	12NC15	13NiCr12	-	-	SNC815(H)
1.6511	36CrNiMo4	816M40	110	-	9840	40NCD3	-	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	-
1.6523	21NiCrMo2	805M20	362	2506	8620	20NCD2	-	20NiCrMo2	20NiCrMo2	SNCM220(H)
1.6546	40NiCrMo22	311-Type 7	-	-	8740	-	40NiCrMo2	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	SNCM240
1.6582	34CrNiMo6	817M40	24	2541	4340	35NCD6	35CrNiMo6	35NiCrMo6(KB)	-	-
1.6587	17CrNiMo6	820A16	-	-	-	18NCD6	17CrNiMo7	-	14NiCrMo13	-
1.6657	14NiCrMo134	832M13	36C	-	-	-	14NiCrMo13	15NiCrMo13	14NiCrMo131	-
1.7015	15Cr3	523M15	-	-	5015	12C3	15Cr2	-	-	SCr415(H)
1.7033	34Cr4	530A32	18B	-	5132	32C4	34Cr4	34Cr4(KB)	35Cr4	SCr430(H)
1.7035	41Cr4	530M40	18	-	5140	42C4	41Cr4	41Cr4	42Cr4	SCr440(H)
1.7045	42Cr4	-	-	2245	5140	-	-	-	42Cr4	SCr440
1.7131	16MnCr5	(527M20)	-	2511	5115	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	16MnCr5	-
1.7176	55Cr3	527A60	48	-	5155	55C3	55Cr3	-	-	SUP9(A)
1.7218	25CrMo4	1717CDS110	-	2225	4130	25CD4	25CrMo4	25CrMo4(KB)	55Cr3	SCr440.SCM439
								AM26CrMo4		

DATOS TECNICOS REFERENCIA GENERAL DE MATERIALES

País										
Alemania	U.K.		Suecia	E.E.U.U.	Franca	Bélgica	Italia	España	Japón	
Estándar										
W.-nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
1.7220	34CrMo4	708A37	19B	2234	4137;4135	35CD4	34CrMo4	35CrMo4	34CrMo4	SCM432;SCCRM3
1.7223	41CrMo4	708M40	19A	2244	4140;4142	42CD4TS	41CrMo4	41CrMo4	42CrMo4	SCM 440
1.7225	42CrMo4	708M40	19A	2244	4140	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	42CrMo4	SCM440(H)
1.7262	15CrMo5	-	-	2216	-	12CD4	-	-	12CrMo4	SCM415(H)
1.7335	13CrMo4 4	1501-620Gr27	-	-	ASTM A182 F11;F12	15CD3.5 15CD4.5	14CrMo45	14CrMo45	14CrMo45	-
1.7361	32CrMo12	722M24	40B	2240	-	30CD12	32CrMo12	32CrMo12	F.124.A	-
1.7380	10CrMo9 10	1501-622	-	2218	ASTM A182	12CD9,10	-	12CrMo9,10	TU.H	-
		Gr31;45	-		F.22	-			-	-
1.7715	14MoV6 3	1503-660-440	-	-	-	-	13MoCrV6	-	13MoCrV6	-
1.8159	50CrV4	735A50	47	2230	6150	50CV4	50CrV4	50CrV4	51CrV4	SUP10
1.8509	41CrAlMo7	905M39	41B	2940	-	40CAD6,12	41CrAlMo7	41CrAlMo7	41CrAlMo7	-
1.8523	39CrMoV13 9	897M39	40C	-	-	-	39CrMoV13	36CrMoV12	-	-

ACERO PARA HERRAMIENTAS

País										
Alemania	U.K.		Suecia	E.E.U.U.	Franca	Bélgica	Italia	España	Japón	
Estándar										
W.-nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
1.1545	C105W1	-	-	1880	W.110	Y,105	-	C98KU C100KU	F.515 F.516	-
1.663	C125W	-	-	-	W.112	Y,120	-	C120KU	(C120)	SK2
1.2067	100Cr6	BL3	-	-	L3	Y100C6	-	-	100Cr6	-
1.2080	X210Cr12	BD3	-	-	D3	Z200C12	-	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	SKD1
1.2344	X40CrMoV5 1	BH13	-	2242	H13	Z40CDV5	-	X35CrMoV5KU X40CrMoV511KU	X40CrMoV5	SKD61
1.2363	X100CrMoV5 1	BA2	-	2260	A2	Z100CDV5	-	X100CrMoV51KU	X100CrMoV5	SKD12
1.2419	105WCr6	-	-	2140	-	105WC13	-	100WCr6 107WCr5KU	105WCr5	SKS31 SKS2;SKS3
1.2436	X210CrW12	-	-	2312	-	-	-	X215CrW12 1KU	X210CrW12	SKD2
1.2542	45WCrV7	BS1	-	2710	S1	-	-	45WCrV8KU	45WCrSi8	-
1.2581	X30WCrV9 3 X30WCrV9 3KU	BH21	-	-	H21	Z30WCV9	-	X28W09KU X30WCrV9 3KU	X30WCrV9	SKD5
1.2601	X165CrMo V12	-	-	2310	-	-	-	X165CrMoV12KU	X160CrMoV12	-
1.2713	55NiCrMoV6	-	-	-	L6	55NCDV7	-	-	F.520.S	SKT4
1.2833	100V1	BW2	-	-	W210	Y,105V	C98KU 102V2KU	-	-	SKS43
1.3243	S 6-5-2-5	-	-	2723	-	Z85WDCV 06-05-04-02	-	HS 6-5-2-5	HS 6-5-2-5	SKH55
1.3255	S 18-1-2-5	BT4	-	-	T4	Z80WKC 18-05-04-01	-	X78WCo1805KU	HS 18-1-1-5	SKH3
1.3343	S 6-5-2	BM2	-	2722	M2	Z85WDCV 06-05-04-02	-	X82WCo0605KU	HS 6-5-2	SKH9
1.3348	S 2-9-2	-	-	2782	M7	Z100WCWV 09-04-02-02	-	HS 2-9-2	HS 2-9-2	-
1.3355	S 18-0-1	BT1	-	-	T1	Z80WCV 18-04-01	-	X75W18KU	HS18-0-1	SKH2

DATOS TÉCNICOS REFERENCIA GENERAL DE MATERIALES

REFERENCIA GENERAL DE MATERIALES

INOXIDABLE Y MATERIALES TRATADOS

País										
Alemania		U.K.		Suecia	E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
Estándar										
W.-nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
1.4000	X7Cr13	403S17	-	2301	403	Z6C13	-	X6Cr13	F.3110	SUS403
1.4001	X7Cr14								F.8401	
1.4006	X10Cr13	410S21	56A	2302	410	Z10C14	-	X12Cr13	F.3401	SUS410
1.4016	X8Cr17	430S15	60	2320	430	Z8C17	-	X8Cr17	F.3113	SUS430
1.4027	G-X20Cr14	420C29	56B	-	-	Z20C13M	-	-	-	SCS2
1.4034	X46Cr13	420S45	56D	2304	-	Z40CM Z38C13M	-	X40Cr14	F.3405	SUS420J2
1.4057	X22CrNi17	431S29	57	2321	431	Z15CNI6.02	-	X16CrNi6	F.3427	SUS431
1.4104	X12CrMoS17	-	-	2383	430F	Z10CF17	-	X10CrS17	F.3117	SUS430F
1.4113	X6CrMo17	434S17	-	2325	434	Z8CD17.01	-	X8CrMo17	-	SUS434
1.4301	X5CrNi189	304S15	58E	2332	304	Z6CN18.09	-	X5CrNi18 10	F.3551 F.3541 F.3504	SUS304
1.4305	X12CrNiS18 8	303S21	58M	2346	303	Z10CNF 18.09	-	X10CrNiS 18 09	F.3508	SUS303
1.4306	X2CrNi18 9	304S12 304C12	-	2352 2333	304L	Z2CN18.10 Z3CN19.10	-	X2CrNi18 11	F.3503	SCS19 SUS304L
1.4308	G-X6CrNi18 9	304C15	-	-	-	Z6CN18.10M	-	-	-	SCS13
1.4310	X12CrNi17 7	-	-	2331	301	Z12CN17.07	-	X12CrNi17 07	F.3517	SUS301
1.4311	X2CrNiN 18 10	304S62	-	2371	304LN	Z2CN18.10	-	-	-	SUS304LN
1.4313	X5CrNi13 4	425C11	-	-	-	Z4CND13.4M	-	-	-	SCS5
1.4401	X5CrNiMo 18 10	316S16	58J	2347	316	Z6CND17.11	-	X5CrNiMo17 12	F.3543	SUS316
1.4408	G-X6CrNiMo 18 10	316C16	-	-	-	-	-	-	F.8414	SCS14
1.4429	X2CrNiMoN 18 13	-	-	2375	316LN	Z2CND17.13	-	-	-	SUS316LN
1.4435	X2CrNiMo 18 12	316S12	-	2353	316L	Z2CND17.13	-	X2CrNiMo17 13	-	SCS16 SUS316L
1.4438	X2CrNiMo 18 16	317S12	-	2367	317L	Z2CND19.15	-	X2CrNiMo18 16	-	SUS317L
1.4460	X8CrNiMo 27 5	-	-	2324	329	-	-	-	-	SUS329JL SCH11;SCS11
1.4541	X10CrNiTi 18 9	2337	321S12	58B	321	Z6CNT18.10	-	X6CrNiTi18 11	F.3553 F.3523	SUS321
1.4550	X10CrNiNb 18 9	347S17	58F	2338	347	Z6CNNb18.10	-	X6CrNiNb18 11	F.3552 F.3524	SUS347
1.4571	X10CrNiMoTi 18 10	320S17	58J	2350	316Ti	Z6CNDT17.12	-	X6CrNiMoTi 17 12	F.3535	-
1.4581	G-X5CrNi MoNb 18 10	318C17	-	-	-	Z4CNDNb 18 12M	-	XG8CrNiMo 18 11	-	SCS22
1.4583	X10CrNi MoNb 18 12	-	-	-	318	Z6CNDNb 17 13B	-	X6CrNiMoNb 17 13	-	-
1.4718	X45CrSi 93	401S45	52	-	HW3	Z45CS 9	-	X45CrSi8	F.322	SUH1
1.4724	X10CrA113	403S17	-	-	405	Z10C13	-	X10CrA112	F.311	SUS405
1.4742	X10CrA118	430S15	60	-	430	Z10CAS18	-	X8Cr17	F.3113	SUS430
1.4747	X80CrNiSi20	443S65	59	-	HNV6	Z80CSN20.02	-	X80CrSiNi20	F.320B	SUH4
1.4762	X10CrA124	-	-	2322	446	Z10CAS24	-	X16Cr26	-	SUH446
1.4828	X15CrNiSi 20 12	309S24	-	-	309	Z15CNS20.12	-	-	-	SUH309
1.4845	X12CrNi25 21	310S24	-	2361	310S	Z12CN25 20	-	X6CrNi25 20	F.331	SUH310
1.4864	X12NiCrSi 36 16	-	-	-	330	Z12NCS35.16	-	-	-	SUH330
1.4865	G-X40NiCrSi 38 18	330C11	-	-	-	-	-	XG50NiCr 39 19	-	SCH15
1.4871	X53CrMnNiN 21 9	349S54	-	-	EV8	Z52CMN21.09	-	X53CrMnNiN219	-	SUH35;SUH36
1.4878	X12CrNiTi 18 9	321S12 321S20	58B, 58C	-	321	Z6CNT18.12B	-	X6CrNiTi18 11	F.3523	SU321

DATOS TECNICOS REFERENCIA GENERAL DE MATERIALES

FUNDICIÓN GRIS (sin alear)

Alemania		U.K.		Suecia	País					
					E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
					Estándar					
W.-Nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
-	-	-	-	-	ASTM	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	A48-76	-	-	-	-	-
-	-	-	-	01 00	-	-	-	-	-	-
-	GG 10	-	-	01 10	No 20 B	Ft 10 D	-	-	-	FC100
0.6015	GG 15	Grade 150	-	01 15	No 25 B	Ft 15 D	-	G15	FG15	FC150
0.6020	GG 20	Grade 220	-	01 20	No 30 B	Ft 20 D	-	G20	-	FC200
0.6025	GG 25	Grade 260	-	01 25	No 35 B	Ft 25 D	-	G25	FG25	FC250
-	-	-	-	-	No 40 B	-	-	-	-	-
0.6030	GG 30	Grade 300	-	01 30	No 45 B	Ft 30 D	-	G30	FG30	FC300
0.6035	GG 35	Grade 350	-	01 35	No 50 B	Ft 35 D	-	G35	FG35	FC350
0.6040	GG 40	Grade 400	-	01 40	No 55 B	Ft 40 D	-	-	-	-

FUNDICIÓN GRIS (aleado)

Alemania		U.K.		Suecia	País					
					E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
					Estándar					
W.-Nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
-	DIN4694	3468: 1974	-	MB	ASTM	-	-	-	-	-
-	GGL-	-	-	ISO-215	A436-72	A32-301	-	-	-	-
-	NiCr 20 2	L-NiCr 20 2	-	05 23	Type 2	L-NC 20 2	-	-	-	-

FUNDICION NODULAR

Alemania		U.K.		Suecia	País					
					E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
					Estándar					
W.-Nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
-	-	2789: 1973	-	-	A536-72	NF A32-201	-	-	-	-
0.7040	GGG 40	SNG 420/12	-	07 17-02	60-40-18	FCS 400-12	-	GS 370-17	FGE 38-17	FCD400
-	GGG 40.3	SNG 370/17	-	07 17-12	-	FGS 370-17	-	-	-	-
0.7033	GGG 35.3	-	-	07 17-15	-	-	-	-	-	-
0.7050	GGG 50	SNG 500/7	-	07 27-02	80-55-06	FGS 500-7	-	GS 500	FGE 50-7	FCD500
-	GGG 60	SNG 600/3	-	07 32-03	-	FGS 600-3	-	-	-	FCD600
0.7070	GGG 70	SNG 700/2	-	07 37-01	100-70-03	FGS 700-2	-	GS 700-2	FGS 70-2	FCD700

FUNDICION ALEADA

Alemania		U.K.		Suecia	País					
					E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
					Estándar					
W.-Nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
-	DIN 1694	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	GGGNiMn 13 7	L-NiMn 13 7	-	07 72	-	L-MN 13 7	-	-	-	-
-	GGG NiCr 20 2	L-NiMn 20 2	-	07 76	Type 2	L-NC 20 2	-	-	-	-

FUNDICION MALEABLE

Alemania		U.K.		Suecia	País					
					E.E.U.U.	Francia	Bélgica	Italia	España	Japón
					Estándar					
W.-Nr.	DIN	BS	EN	SS	AIS/SAE	AFNOR	NBN	UNI	UNF	JIS
-	-	-	-	-	ASTM	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	A47-74	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	A 220-76 2)	-	-	-	-	-
-	-	8 290/6	-	08 14	-	MN 32-8	-	-	-	-
-	GTS-35	B 340/12	-	08 15	32510	MN 35-10	-	-	-	FCMW330
0.8145	GTS-45	P 440/7	-	08 52	40010	MN 450	-	GMN45	-	FCMW370
0.8155	GTS-55	P 510/4	-	08 54	50005	MP 50-5	-	GMN55	-	FCMP490
-	GTS-65	P 570/3	-	08 58	70003	MP 60-3	-	-	-	FCMP540
-	GTS-70	P 690/2	-	08 62	A 220-80002	MN700-2	-	-	-	FCMP690

RUGOSIDAD

RUGOSIDAD

(Dr. JIS B 601-1994)

Tipo	Código	Descripción	Ejemplo de medida (Figura)
Rugosidad teórica	Ra	Ra es el valor obtenido en la fórmula siguiente y expresado en micras. Medida aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil, en los límites de la longitud básica. Se expresa y=f(x): $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l f(x) dx$	
Altura máxima	Rz	Rz es la distancia máxima entre la línea de cresta mayor y el valle más profundo, tomados en la dirección de la línea principal de la muestra, y expresada en micras (μm). (Nota) Al calcular Rz, es posible encontrar una porción sin ningún valle o cresta excepcionalmente altos o profundos; lo cual puede ser tomado como un defecto. $Rz = R_p + R_v$	
Valor de la rugosidad en los diez puntos	RzJIS	RzJIS es la suma de los valores absolutos de las alturas de las cinco crestas (Yp) y de la profundidad de los cinco valles (Yv) más profundos; medidos en dirección vertical de la muestra y expresada en micras (μm). $Rz_{JIS} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$	 <p><i>Yp1, Yp2, Yp3, Yp4, Yp5</i>: alturas de las cinco crestas más altas de la porción correspondiente a la longitud de referencia l. <i>Yv1, Yv2, Yv3, Yv4, Yv5</i>: alturas de los cinco valles más profundos de la porción correspondiente a la longitud de referencia l.</p>

RELACIÓN ENTRE RUGOSIDAD TEÓRICA (Ra) Y DESIGNACIÓN CONVENCIONAL (DATO DE REFERENCIA)

Rugosidad teórica Ra		Altura máxima Rz	Valor de la rugosidad en los diez puntos RzJIS	Longitud de muestreo para Rz · RzJIS l (mm)	Marca de acabado convencional
Serie estándar	Valor del corte λ c (mm)	Serie estándar			
0.012 a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025 a		0.1 s	0.1 z		
0.05 a	0.25	0.2 s	0.2 z	0.25	
0.1 a		0.4 s	0.4 z		
0.2 a		0.8 s	0.8 z		
0.4 a	0.8	1.6 s	1.6 z	0.8	▽▽▽
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a	2.5	6.3 s	6.3 z	2.5	▽▽
3.2 a		12.5 s	12.5 z		
6.3 a		25 s	25 z		
12.5 a	8	50 s	50 z	8	▽
25 a		100 s	100 z		
50 a	-	200 s	200 z	-	-
100 a		400 s	400 z		

* La correlación entre los tres, es sólo por conveniencia y no es exacta.

* Ra: La longitud evaluada de Rz y RzJIS, es el valor límite y la longitud del muestreo multiplicadas por 5, respectivamente.

TABLA DE COMPARACION DE DUREZAS

VALORES DE LAS DUREZAS DEL ACERO

Dureté Brinell (HB) Bola de 10mm, Carga: 3.000 kgf		Dureza Vickers (HV)	Dureza Rockwell (3)				Dureza Shore (HS)	Resistencia a la tracción (Aprox.) MPa (2)	Dureté Brinell (HB) Bola de 10mm, Carga: 3.000 kgf		Dureza Vickers (HV)	Dureza Rockwell (3)				Dureza Shore (HS)	Resistencia a la tracción (Aprox.) MPa (2)
Bola estándar	Bola de metal duro		Escala A Carga: 60kgf, Diamante Punta (HRA)	Escala B, Carga: 100kgf, Bola de 1/16" (HRB)	Escala C, Carga: 150kgf, Diamante Punta (HRC)	Escala D, Carga: 100kgf, Diamante Punta (HRD)			Bola estándar	Bola de metal duro		Escala A Carga: 60kgf, Diamante Punta (HRA)	Escala B, Carga: 100kgf, Bola de 1/16" (HRB)	Escala C, Carga: 150kgf, Diamante Punta (HRC)	Escala D, Carga: 100kgf, Diamante Punta (HRD)		
-	-	940	85.6	-	68.0	76.9	97	-	429	429	455	73.4	-	45.7	59.7	61	1510
-	-	920	85.3	-	67.5	76.5	96	-	415	415	440	72.8	-	44.5	58.8	59	1460
-	-	900	85.0	-	67.0	76.1	95	-	401	401	425	72.0	-	43.1	57.8	58	1390
-	(767)	880	84.7	-	66.4	75.7	93	-	388	388	410	71.4	-	41.8	56.8	56	1330
-	(757)	860	84.4	-	65.9	75.3	92	-	375	375	396	70.6	-	40.4	55.7	54	1270
-	(745)	840	84.1	-	65.3	74.8	91	-	363	363	383	70.0	-	39.1	54.6	52	1220
-	(733)	820	83.8	-	64.7	74.3	90	-	352	352	372	69.3	(110.0)	37.9	53.8	51	1180
-	(722)	800	83.4	-	64.0	73.8	88	-	341	341	360	68.7	(109.0)	36.6	52.8	50	1130
-	(712)	-	-	-	-	-	-	-	331	331	350	68.1	(108.5)	35.5	51.9	48	1095
-	(710)	780	83.0	-	63.3	73.3	87	-	321	321	339	67.5	(108.0)	34.3	51.0	47	1060
-	(698)	760	82.6	-	62.5	72.6	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	(684)	740	82.2	-	61.8	72.1	-	-	311	311	328	66.9	(107.5)	33.1	50.0	46	1025
-	(682)	737	82.2	-	61.7	72.0	84	-	302	302	319	66.3	(107.0)	32.1	49.3	45	1005
-	(670)	720	81.8	-	61.0	71.5	83	-	293	293	309	65.7	(106.0)	30.9	48.3	43	970
-	(656)	700	81.3	-	60.1	70.8	-	-	285	285	301	65.3	(105.5)	29.9	47.6	-	950
-	(653)	697	81.2	-	60.0	70.7	81	-	277	277	292	64.6	(104.5)	28.8	46.7	41	925
-	(647)	690	81.1	-	59.7	70.5	-	-	269	269	284	64.1	(104.0)	27.6	45.9	40	895
-	(638)	680	80.8	-	59.2	70.1	80	-	262	262	276	63.6	(103.0)	26.6	45.0	39	875
-	630	670	80.6	-	58.8	69.8	-	-	255	255	269	63.0	(102.0)	25.4	44.2	38	850
-	627	667	80.5	-	58.7	69.7	79	-	248	248	261	62.5	(101.0)	24.2	43.2	37	825
-	-	677	80.7	-	59.1	70.0	-	-	241	241	253	61.8	100	22.8	42.0	36	800
-	601	640	79.8	-	57.3	68.7	77	-	235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	35	785
-	-	640	79.8	-	57.3	68.7	-	-	229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	34	765
-	578	615	79.1	-	56.0	67.7	75	-	223	223	234	-	97.3	(18.8)	-	-	-
-	-	607	78.8	-	55.6	67.4	-	-	217	217	228	-	96.4	(17.5)	-	33	725
-	555	591	78.4	-	54.7	66.7	73	2055	212	212	222	-	95.5	(16.0)	-	-	705
-	-	579	78.0	-	54.0	66.1	-	2015	207	207	218	-	94.6	(15.2)	-	32	690
-	534	569	77.8	-	53.5	65.8	71	1985	201	201	212	-	93.8	(13.8)	-	31	675
-	-	533	77.1	-	52.5	65.0	-	1915	197	197	207	-	92.8	(12.7)	-	30	655
-	514	547	76.9	-	52.1	64.7	70	1890	192	192	202	-	91.9	(11.5)	-	29	640
-	-	539	76.7	-	51.6	64.3	-	1855	187	187	196	-	90.7	(10.0)	-	-	620
-	495	528	76.3	-	51.0	63.8	68	1820	183	183	192	-	90.0	(9.0)	-	28	615
(495)	-	530	76.4	-	51.1	63.9	-	1825	179	179	188	-	89.0	(8.0)	-	27	600
-	477	508	75.6	-	49.6	62.7	66	1740	174	174	182	-	87.8	(6.4)	-	-	585
(477)	-	516	75.9	-	50.3	63.2	-	1780	170	170	178	-	86.8	(5.4)	-	26	570
-	461	491	74.9	-	48.5	61.7	-	1670	167	167	175	-	86.0	(4.4)	-	-	560
(461)	-	508	75.6	-	49.6	62.7	66	1740	163	163	171	-	85.0	(3.3)	-	25	545
-	-	495	75.1	-	48.8	61.9	-	1680	156	156	163	-	82.9	(0.9)	-	-	525
-	444	474	74.3	-	47.2	61.0	-	1595	149	149	156	-	80.8	-	-	23	505
-	-	472	74.2	-	47.1	60.8	-	1585	143	143	150	-	78.7	-	-	22	490
-	444	472	74.2	-	47.1	60.8	63	1585	137	137	143	-	76.4	-	-	21	460
-	-	474	74.3	-	47.2	61.0	-	1595	131	131	137	-	74.0	-	-	-	450
-	-	472	74.2	-	47.1	60.8	-	1585	126	126	132	-	72.0	-	-	20	435
-	-	472	74.2	-	47.1	60.8	63	1585	121	121	127	-	69.8	-	-	19	415
-	-	472	74.2	-	47.1	60.8	-	1585	116	116	122	-	67.6	-	-	18	400
-	-	472	74.2	-	47.1	60.8	63	1585	111	111	117	-	65.7	-	-	15	385

DATOS TECNICOS TABLA DE COMPARACION DE DUREZAS

(Nota 1) La lista de arriba es la editada en el Libro de los Metales AMS; con la resistencia a la tracción aproximada en valores métricos y la dureza Brinell por encima del valor recomendado.

(Nota 2) 1MPa=1N/mm²

(Nota 3) Valores entre son raramente utilizados como referencia. Esta lista ha sido elaborada a partir de las normas JIS del Acero.

TABLA DE TOLERANCIAS (AGUJERO)

Clasificación de las Dimensiones Estándar (mm)		Tipos de Tolerancias Geométricas de Agujeros															
>	≤	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7
-	3	+180	+85	+100	+34	+45	+60	+24	+28	+39	+12	+16	+20	+8	+12	+6	+10
		+140	+60	+60	+20	+20	+20	+14	+14	+14	+6	+6	+6	+2	+2	0	0
3	6	+188	+100	+118	+48	+60	+78	+32	+38	+50	+18	+22	+28	+12	+16	+8	+12
		+140	+70	+70	+30	+30	+30	+20	+20	+20	+10	+10	+10	+4	+4	0	0
6	10	+208	+116	+138	+62	+76	+98	+40	+47	+61	+22	+28	+35	+14	+20	+9	+15
		+150	+80	+80	+40	+40	+40	+25	+25	+25	+13	+13	+13	+5	+5	0	0
10	14	+220	+138	+165	+77	+93	+120	+50	+59	+75	+27	+34	+43	+17	+24	+11	+18
		+150	+95	+95	+50	+50	+50	+32	+32	+32	+16	+16	+16	+6	+6	0	0
18	24	+244	+162	+194	+98	+117	+149	+61	+73	+92	+33	+41	+53	+20	+28	+13	+21
		+160	+110	+110	+65	+65	+65	+40	+40	+40	+20	+20	+20	+7	+7	0	0
30	40	+270	+182	+220	+119	+142	+180	+75	+89	+112	+41	+50	+64	+25	+34	+16	+25
		+170	+120	+120													
40	50	+280	+192	+230	+80	+80	+80	+50	+50	+50	+25	+25	+25	+9	+9	0	0
		+180	+130	+130													
50	65	+310	+214	+260	+146	+174	+220	+90	+106	+134	+49	+60	+76	+29	+40	+19	+30
		+190	+140	+140													
65	80	+320	+224	+270	+100	+100	+100	+60	+60	+60	+30	+30	+30	+10	+10	0	0
		+200	+150	+150													
80	100	+360	+257	+310	+174	+207	+260	+107	+126	+159	+58	+71	+90	+34	+47	+22	+35
		+220	+170	+170													
100	120	+380	+267	+320	+120	+120	+120	+72	+72	+72	+36	+36	+36	+12	+12	0	0
		+240	+180	+180													
120	140	+420	+300	+360	+208	+245	+305	+125	+148	+185	+68	+83	+106	+39	+54	+25	+40
		+260	+200	+200													
140	160	+440	+310	+370	+145	+145	+145	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+14	+14	0	0
		+280	+210	+210													
160	180	+470	+330	+390	+208	+245	+305	+125	+148	+185	+68	+83	+106	+39	+54	+25	+40
		+310	+230	+230													
180	200	+525	+355	+425	+242	+285	+355	+146	+172	+215	+79	+96	+122	+44	+61	+29	+46
		+340	+240	+240													
200	225	+565	+375	+445	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+15	+15	0	0
		+380	+260	+260													
225	250	+605	+395	+465	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+15	+15	0	0
		+420	+280	+280													
250	280	+690	+430	+510	+271	+320	+400	+162	+191	+240	+88	+108	+137	+49	+69	+32	+52
		+480	+300	+300													
280	315	+750	+460	+540	+190	+190	+190	+110	+110	+110	+56	+56	+56	+17	+17	0	0
		+540	+330	+330													
315	355	+830	+500	+590	+299	+350	+440	+182	+214	+265	+98	+119	+151	+54	+75	+36	+57
		+600	+360	+360													
355	400	+910	+540	+630	+210	+210	+210	+125	+125	+125	+62	+62	+62	+18	+18	0	0
		+680	+400	+400													
400	450	+1010	+595	+690	+327	+385	+480	+198	+232	+290	+108	+131	+165	+60	+83	+40	+63
		+760	+440	+440													
450	500	+1090	+635	+730	+230	+230	+230	+135	+135	+135	+68	+68	+68	+20	+20	0	0
		+840	+480	+480													

DATOS TECNICOS TABLA DE TOLERANCIAS (AGUJERO)

(Nota) Los valores mostrados en la parte superior de las respectivas líneas, corresponden al valor máximo; mientras que los valores mostrados en la parte inferior de las respectivas líneas, corresponden al valor mínimo.

Tipos de Tolerancias Geométricas de Agujeros

H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R7	S7	T7	U7	X7
+14 0	+25 0	+40 0	± 3	± 5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	-	-18 -28	-20 -30
+18 0	+30 0	+48 0	± 4	± 6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-	-19 -31	-24 -36
+22 0	+36 0	+58 0	± 4.5	± 7	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-	-22 -37	-28 -43
+27 0	+43 0	+70 0	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	-	-26 -44	-33 -51 -38 -56
+33 0	+52 0	+84 0	± 6.5	± 10	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	-	-33 -54	-33 -46 -67 -56 -77
+39 0	+62 0	+100 0	± 8	± 12	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-	-39 -64 -45 -70	-51 -76 -61 -86
+46 0	+74 0	+120 0	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60 -32 -62	-42 -72 -48 -78	-55 -85 -64 -94	-76 -106 -91 -121	-
+54 0	+87 0	+140 0	± 11	± 17	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73 -41 -76	-58 -93 -66 -101	-78 -113 -91 -126	-111 -146 -131 -166	-
+63 0	+100 0	+160 0	± 12.5	± 20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48 -88 -50 -90 -53 -93	-77 -117 -85 -125 -93 -133	-107 -147 -119 -159 -131 -171	-	-
+72 0	+115 0	+185 0	± 14.5	± 23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-60 -105 -106 -63 -109 -67 -113	-113 -151 -113 -159 -123 -169	-	-	-
+81 0	+130 0	+210 0	± 16	± 26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126 -78 -130	-	-	-	-
+89 0	+140 0	+230 0	± 18	± 28	+7 -29	+17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-87 -144 -93 -150	-	-	-	-
+97 0	+155 0	+250 0	± 20	± 31	+8 -32	+18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-103 -166 -109 -172	-	-	-	-

DATOS TÉCNICOS TABLA DE TOLERANCIAS (AGUJERO)

TABLA DE TOLERANCIAS (EJE)

Clasificación de las Dimensiones Estándar (mm)		Tipos de Tolerancias Geométricas de Ejes														
>	≤	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7
-	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-20 -45	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-2 -6	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-30 -60	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12
6	10	-150 -185	-80 -116	-40 -62	-40 -76	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -23	-13 -35	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15
10	14	-150 -193	-95 -138	-50 -77	-50 -93	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18
14	18															
18	24	-160 -212	-110 -162	-65 -98	-65 -117	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21
24	30															
30	40	-170 -232	-120 -182	-80 -119	-80 -142	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25
40	50	-180 -242	-130 -192													
50	65	-190 -264	-140 -214	-100 -146	-100 -174	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30
65	80	-200 -274	-150 -224													
80	100	-220 -307	-170 -257	-120 -174	-120 -207	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35
100	120	-240 -327	-180 -267													
120	140	-260 -360	-200 -300													
140	160	-280 -380	-210 -310	-145 -208	-145 -245	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40
160	180	-310 -410	-230 -330													
180	200	-340 -455	-240 -355													
200	225	-380 -495	-260 -375	-170 -242	-170 -285	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-50 -79	-50 -95	-50 -122	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46
225	250	-420 -535	-280 -395													
250	280	-480 -610	-300 -430	-190 -271	-190 -320	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-56 -88	-55 -108	-56 -137	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52
280	315	-540 -670	-330 -460													
315	355	-600 -740	-360 -500	-210 -299	-210 -350	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57
355	400	-680 -820	-400 -540													
400	450	-760 -915	-440 -595	-230 -327	-230 -395	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-68 -103	-68 -131	-68 -165	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63
450	500	-840 -995	-480 -635													

(Nota) Los valores mostrados en la parte superior de las respectivas líneas, corresponden al valor máximo; mientras que los valores mostrados en la parte inferior de las respectivas líneas, corresponden al valor mínimo.

DATOS TECNICOS TABLA DE TOLERANCIAS (EJE)



Tipos de Tolerancias Geométricas de Ejes

h8	h9	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
0 -14	0 -25	± 2	± 3	± 5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-	+24 +18	+26 +20
0 -18	0 -30	± 2.5	± 4	± 6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-	+31 +23	+36 +28
0 -22	0 -36	± 3	± 4.5	± 7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	+37 +28	+43 +34
0 -27	0 -43	± 4	± 5.5	± 9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+44 +33	+51 +40 +56 +45
0 -33	0 -52	± 4.5	± 6.5	± 10	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+54 +41	+67 +54 +77 +64
0 -39	0 -62	± 5.5	± 8	± 12	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+76 +60 +86 +70	-
0 -46	0 -74	± 6.5	± 9.5	± 15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+85 +66 +94 +75	+106 +87 +121 +102	-
0 -54	0 -87	± 7.5	± 11	± 17	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+113 +91 +126 +104	+146 +124 +166 +144	-
0 -63	0 -100	± 9	± 12.5	± 20	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+147 +122 +159 +134 +171 +146	-	-
0 -72	0 -115	± 10	± 14.5	± 23	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	-	-	-
0 -81	0 -130	± 11.5	± 16	± 26	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	-	-	-	-
0 -89	0 -140	± 12.5	± 18	± 28	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	-	-	-	-
0 -97	0 -155	± 13.5	± 20	± 31	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	-	-	-	-

TABLA DE TOLERANCIAS (EJE)



CONOS ESTANDAR

Fig.1

Cono con tirante

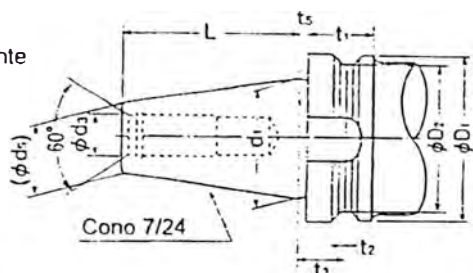
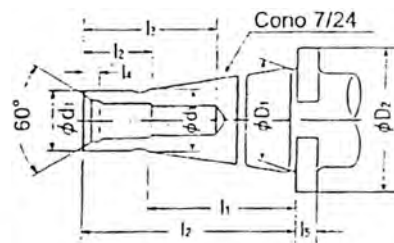


Fig.2

Cono National



f Tabla 1

Tipo Cono	D ₁	D ₂	t ₁	t ₂	t ₃	t _s	d ₁	d ₃	L	g	d _s
BT35	53	43	20	10	13.0	2	38.1	13	56.5	M12 x 1.75	21.62
BT40	63	53	25	10	16.6	2	44.45	17	65.4	M16 x 2	25.3
BT45	85	73	30	12	21.2	3	57.15	21	82.8	M20 x 2.5	33.1
BT50	100	85	35	15	23.2	3	69.85	25	101.8	M24 x 3	40.1
BT60	155	135	45	20	28.2	3	107.95	31	161.8	M30 x 3.5	60.7

f Tabla 2

Número NT	D ₁	d ₁	l	l ₁	g		l ₂	l ₃	d ₃	l ₄	D ₂	l ₅
					Rosca métrica	Rosca With						
30	31.75	17.4	70	50	M12	W 1/2	24	50	16.5	6	50	8
40	44.45	25.3	95	67	M16	W 5/8	30	70	24	7	63	10
50	69.85	39.6	130	105	M24	W 1	45	90	38	11	100	13
60	107.95	60.2	210	165	M30	W 1 1/4	56	110	58	12	170	15

Fig.3

Cono Morse (Mango con lengüeta)

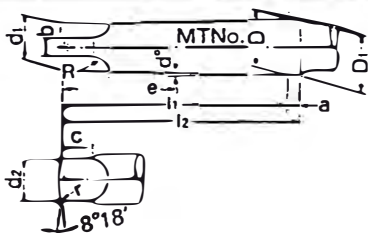
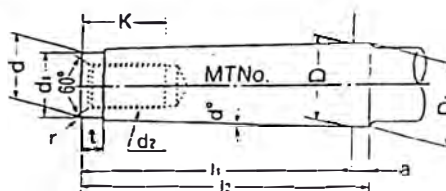


Fig.4

Cono Morse (Mango con tornillo)



f Tabla 3 Mango con lengüeta

Tipo Cono Morse	D	a	D ₁	d ₁	d ₂	l ₁	l ₂	b	c	e	R	r
0	9.045	3	9.201	6.104	6	56.5	59.5	3.9	6.5	10.5	4	1
1	12.065	3.5	12.240	8.972	8.7	62.0	65.5	5.2	8.5	13.5	5	1.2
2	17.780	5	18.030	14.034	13.5	75.0	80.0	6.3	10	16	6	1.6
3	23.825	5	24.076	19.107	18.5	94.0	99	7.9	13	20	7	2
4	31.267	6.5	31.605	25.164	24.5	117.5	124	11.9	16	24	8	2.5
5	44.399	6.5	44.741	36.531	35.7	149.5	156	15.9	19	29	10	3
6	63.348	8	63.765	52.399	51.0	210.0	218	19	27	40	13	4
7	83.058	10	83.578	68.185	66.8	286.0	296	28.6	35	54	19	5

f Tabla 4 Mango con tornillo

Tipo Cono Morse	D	a	D ₁	d	d ₁	l ₁	l ₂	t	r	d ₂	K
0	9.045	3	9.201	6.442	6	50	53	4	0.2	—	—
1	12.065	3.5	12.240	9.396	9	53.5	57	5	0.2	M6	16
2	17.780	5	18.030	14.583	14	64	69	5	0.2	M10	24
3	23.825	5	24.076	19.759	19	81	86	7	0.6	M12	28
4	31.267	6.5	31.605	25.943	25	102.5	109	9	1.0	M16	32
5	44.399	6.5	44.741	37.584	35.7	129.5	136	9	2.5	M20	40
6	63.348	8	63.765	53.859	51	182	190	12	4.0	M24	50
7	83.058	10	83.578	70.052	65	250	260	18.5	5.0	M33	80

DIAMETROS DE BROCA PARA PREVIOS DE ROSCA

Métrica y paso de rosca

Rosca métrica Paso Fino

Nominal	Diámetro de broca
M1 × 0.25	0.75
M1.1 × 0.25	0.85
M1.2 × 0.25	0.95
M1.4 × 0.3	1.10
M1.6 × 0.35	1.25
M1.7 × 0.35	1.35
M1.8 × 0.35	1.45
M2 × 0.4	1.60
M2.2 × 0.45	1.75
M2.3 × 0.4	1.90
M2.5 × 0.45	2.10
M2.6 × 0.45	2.20
M3 × 0.5	2.50
M3.5 × 0.6	2.90
M4 × 0.7	3.30
M4.5 × 0.75	3.80
M5 × 0.8	4.20
M6 × 1	5.00
M7 × 1	6.00
M8 × 1.25	6.80
M9 × 1.25	7.80
M10 × 1.5	8.50
M11 × 1.5	9.50
M12 × 1.75	10.30
M14 × 2	12.00
M16 × 2	14.00
M18 × 2.5	15.50
M20 × 2.5	17.5
M22 × 2.5	19.5
M24 × 3	21.0
M27 × 3	24.0
M30 × 3.5	26.5
M33 × 3.5	29.5
M36 × 4	32.0
M39 × 4	35.0
M42 × 4.5	37.5
M45 × 4.5	40.5
M48 × 5	43.0

Nominal	Diámetro de broca
M1 × 0.2	0.80
M1.1 × 0.2	0.90
M1.2 × 0.2	1.00
M1.4 × 0.2	1.20
M1.6 × 0.2	1.40
M1.8 × 0.2	1.60
M2 × 0.25	1.75
M2.2 × 0.25	1.95
M2.5 × 0.35	2.20
M3 × 0.35	2.70
M3.5 × 0.35	3.20
M4 × 0.5	3.50
M4.5 × 0.5	4.00
M5 × 0.5	4.50
M5.5 × 0.5	5.00
M6 × 0.75	5.30
M7 × 0.75	6.30
M8 × 1	7.00
M8 × 0.75	7.30
M9 × 1	8.00
M9 × 0.75	8.30
M10 × 1.25	8.80
M10 × 1	9.00
M10 × 0.75	9.30
M11 × 1	10.00
M11 × 0.75	10.30
M12 × 1.5	10.50
M12 × 1.25	10.80
M12 × 1	11.00
M14 × 1.5	12.50
M14 × 1	13.0
M15 × 1.5	13.5
M15 × 1	14.0
M16 × 1.5	14.5
M16 × 1	14.0
M17 × 1.5	15.5
M17 × 1	16.0
M18 × 2	16.0
M18 × 1.5	16.5
M18 × 1	17.0

Nominal	Diámetro de broca
M20 × 2	18.0
M20 × 1.5	18.5
M20 × 1	19.0
M22 × 2	20.0
M22 × 1.5	20.5
M22 × 1	21.0
M24 × 2	22.0
M24 × 1.5	22.5
M24 × 1	23.0
M25 × 2	23.0
M25 × 1.5	23.5
M25 × 1	24.0
M26 × 1.5	24.5
M27 × 2	25.0
M27 × 1.5	25.5
M27 × 1	26.0
M28 × 2	26.0
M28 × 1.5	26.5
M28 × 1	27.0
M30 × 3	27.0
M30 × 2	28.0
M30 × 1.5	28.5
M30 × 11	29.0
M32 × 2	30.0
M32 × 1.5	30.5
M33 × 3	30.0
M33 × 2	31.0
M33 × 1.5	31.5
M35 × 1.5	33.5
M36 × 3	33.0
M36 × 2	34.0
M36 × 1.5	34.5
M38 × 1.5	36.5
M39 × 3	36.0
M39 × 2	37.0
M39 × 1.5	37.5
M40 × 3	37.0
M40 × 2	38.0
M40 × 1.5	38.5
M42 × 4	38.0

Nominal	Diámetro de broca
M42 × 3	39.0
M42 × 2	40.0
M42 × 1.5	40.5
M45 × 4	41.0
M45 × 3	42.0
M45 × 2	43.0
M45 × 1.5	43.5
M48 × 4	44.0
M48 × 3	45.0
M48 × 2	46.0
M48 × 1.5	46.5
M50 × 3	47.0
M50 × 2	48.0
M50 × 1.5	48.5

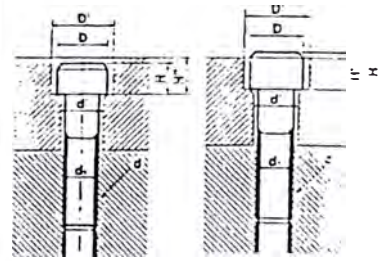
* Antes de utilizar los diámetros recomendados en esta tabla, les recordamos que la precisión del agujero puede variar en función de la precisión de la broca y la condiciones la máquina, fijación, etc., y que cabría la posibilidad de cambiar la broca.

DATOS TÉCNICOS DIAMETROS DE BROCA PARA PREVIOS DE ROSCA

TIPOS DE ALOJAMIENTO PARA CABEZAS HEXAGONALES DE TORNILLOS • SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDA

DIMENSIONES DEL ALOJAMIENTO PARA LAS CABEZAS HEXAGONALES DE LOS TORNILLOS Unidad: mm

Dimensiones nominales de la rosca (d)	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d ₁	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d'	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	18	20	22	24	26	30	33
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	35	40	45
D'	6.5	8	9.5	11	14	17.5	20	23	26	29	32	35	39	43	48
H	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
H'	2.7	3.6	4.6	5.5	7.4	9.2	11	12.8	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	25	28
H''	3.3	4.4	5.4	6.5	8.6	10.8	13	15.2	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32



SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

TABLA DE CONVERSION para CAMBIO FACIL entre UNIDADES DEL SI

Presión

Pa	kPa	MPa	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O	mmHg o Torr
1	1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻⁶	1 × 10 ⁻⁵	1.01972 × 10 ⁻⁵	9.86923 × 10 ⁻⁶	1.01972 × 10 ⁻¹	7.50062 × 10 ⁻³
1 × 10 ³	1	1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻²	1.01972 × 10 ⁻²	9.86923 × 10 ⁻³	1.01972 × 10 ²	7.50062
1 × 10 ⁶	1 × 10 ³	1	1 × 10	1.01972 × 10	9.86923	1.01972 × 10 ⁵	7.50062 × 10 ³
1 × 10 ⁵	1 × 10 ²	1 × 10 ⁻¹	1	1.01972	9.86923 × 10 ⁻¹	1.01972 × 10 ⁴	7.50062 × 10 ²
9.80665 × 10 ⁴	9.80665 × 10	9.80665 × 10 ⁻²	9.80665 × 10 ⁻¹	1	9.67841 × 10 ⁻¹	1 × 10 ⁴	7.35559 × 10 ²
1.01325 × 10 ⁵	1.01325 × 10 ²	1.01325 × 10 ⁻¹	1.01325	1.03323	1	1.03323 × 10 ⁴	7.60000 × 10 ²
9.80665	9.80665 × 10 ⁻³	9.80665 × 10 ⁻⁶	9.80665 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻⁴	9.67841 × 10 ⁻⁵	1	7.35559 × 10 ⁻²
1.33322 × 10 ²	1.33322 × 10 ⁻¹	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.33322 × 10 ⁻³	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1.35951 × 10	1

(Nota) 1Pa=1N/m²

Fuerza

N	dyn	kgf
1	1 × 10 ⁵	1.01972 × 10 ⁻¹
1 × 10 ⁻⁵	1	1.01972 × 10 ⁻⁶
9.80665	9.80665 × 10 ⁵	1

Tensión

Pa	MPa o N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²
1	1 × 10 ⁻⁶	1.01972 × 10 ⁻⁷	1.01972 × 10 ⁻⁵
1 × 10 ⁵	1	1.01972 × 10 ⁻¹	1.01972 × 10
9.80665 × 10 ⁵	9.80665	1	1 × 10 ²
9.80665 × 10 ⁴	9.80665 × 10 ⁻²	1 × 10 ⁻²	1

(Nota) 1Pa=1N/m²

Trabajo / Energía / Cantidad de calor

J	kW · h	kgf · m	kcal
1	2.77778 × 10 ⁻⁷	1.01972 × 10 ⁻¹	2.38889 × 10 ⁻⁴
3.600 × 10 ⁶	1	3.67098 × 10 ⁵	8.6000 × 10 ²
9.80665	2.72407 × 10 ⁻⁵	1	2.34270 × 10 ⁻³
4.18605 × 10 ³	1.16279 × 10 ⁻³	4.26858 × 10 ²	1

(Nota) 1J=1W · s, 1J=1N · m

1cal=4.18605J

(Del sistema de pesos y medidas)

Potencia (Porcentaje de Producción / Potencia motriz) / Porcentaje de flujo de calor

W	kgf · m/s	PS	kcal/h
1	1.01972 × 10 ⁻¹	1.35962 × 10 ⁻³	8.6000 × 10 ⁻¹
9.80665	1	1.33333 × 10 ⁻²	8.43371
7.355 × 10 ²	7.5 × 10	1	6.32529 × 10 ²
1.16279	1.18572 × 10 ⁻¹	1.58095 × 10 ⁻³	1

(Nota) 1W=1J/s, PS: Caballos de potencia en Francia

1PS=0.7355kW

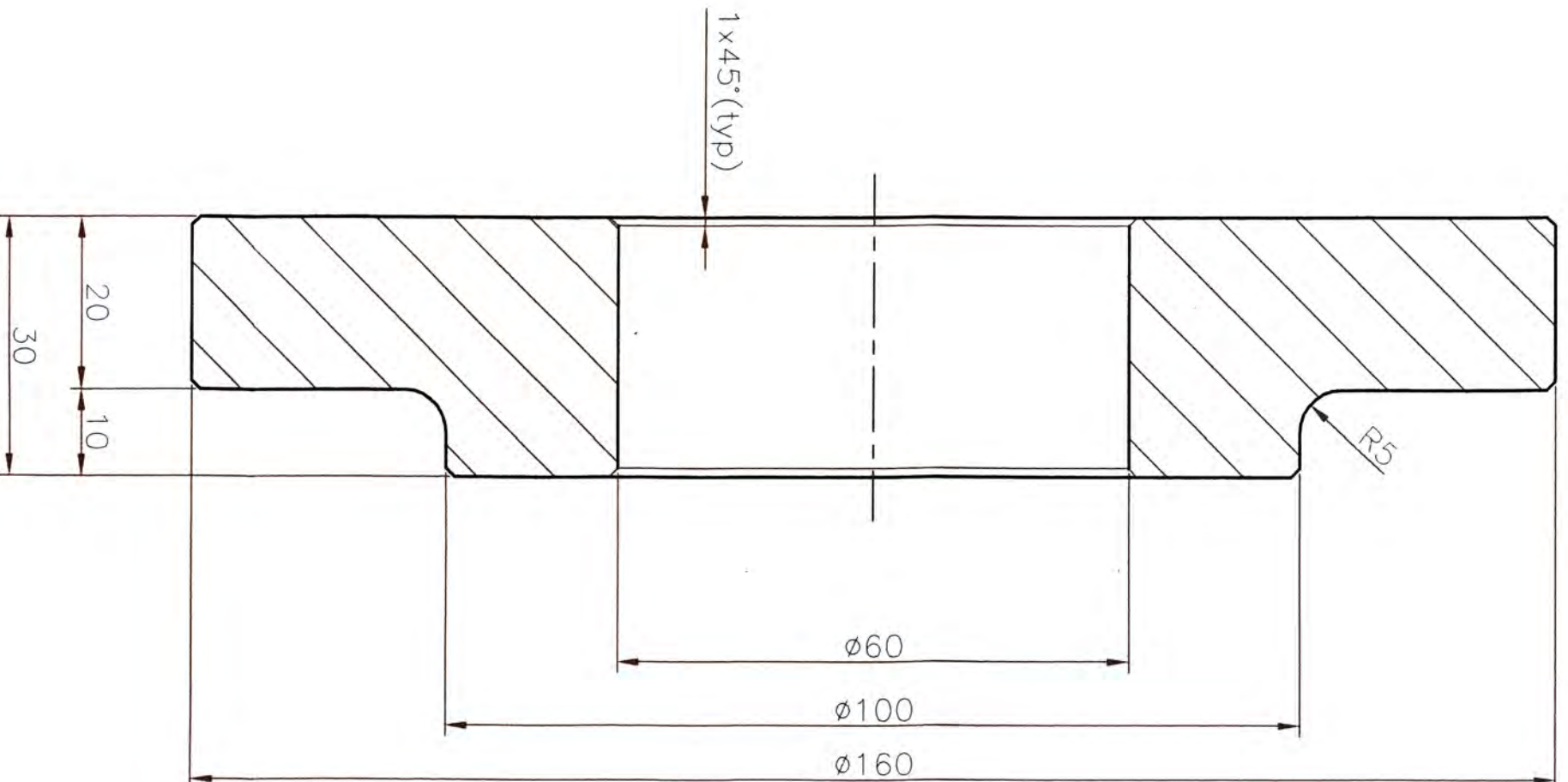
(En cumplimiento del sistema de pesos y medidas)

1cal=4.18605J

(Del sistema de pesos y medidas)

DATOS TECNICOS TIPOS DE ALOJAMIENTO PARA CABEZAS HEXAGONALES DE TORNILLOS • SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDA





Tolerancia general		> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120	> 120	> 400	> 1000	> 1000	> 2000
Calidad	3	6	30	120	400	1000	2000				
Calidad fina											
Calidad media	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1
Calidad gruesa											

Aristas biseladas	Codigo

Modificado	d	b	c	d	e

Escala	Reemplazado por :
1:75	

Dibujado	Fecha	Nombre	Area
	110107	LOPEZ C.	DIS
Revisado	Fecha	Nombre	Area
	110107	LOPEZ C.	
Aprobado	Fecha	Nombre	Area
	110107	LOPEZ C.	

BRIDA

UNI

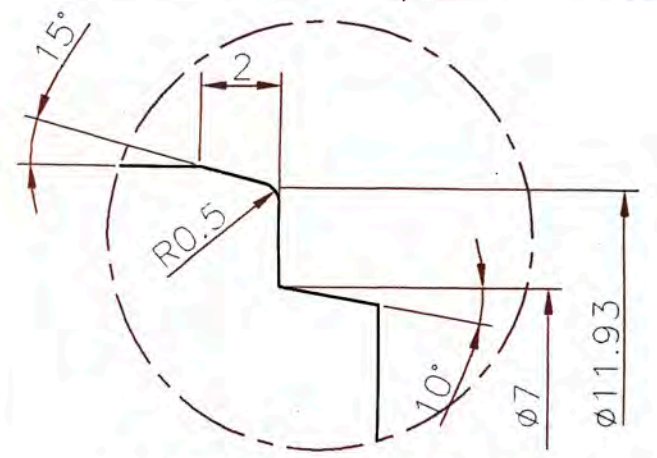
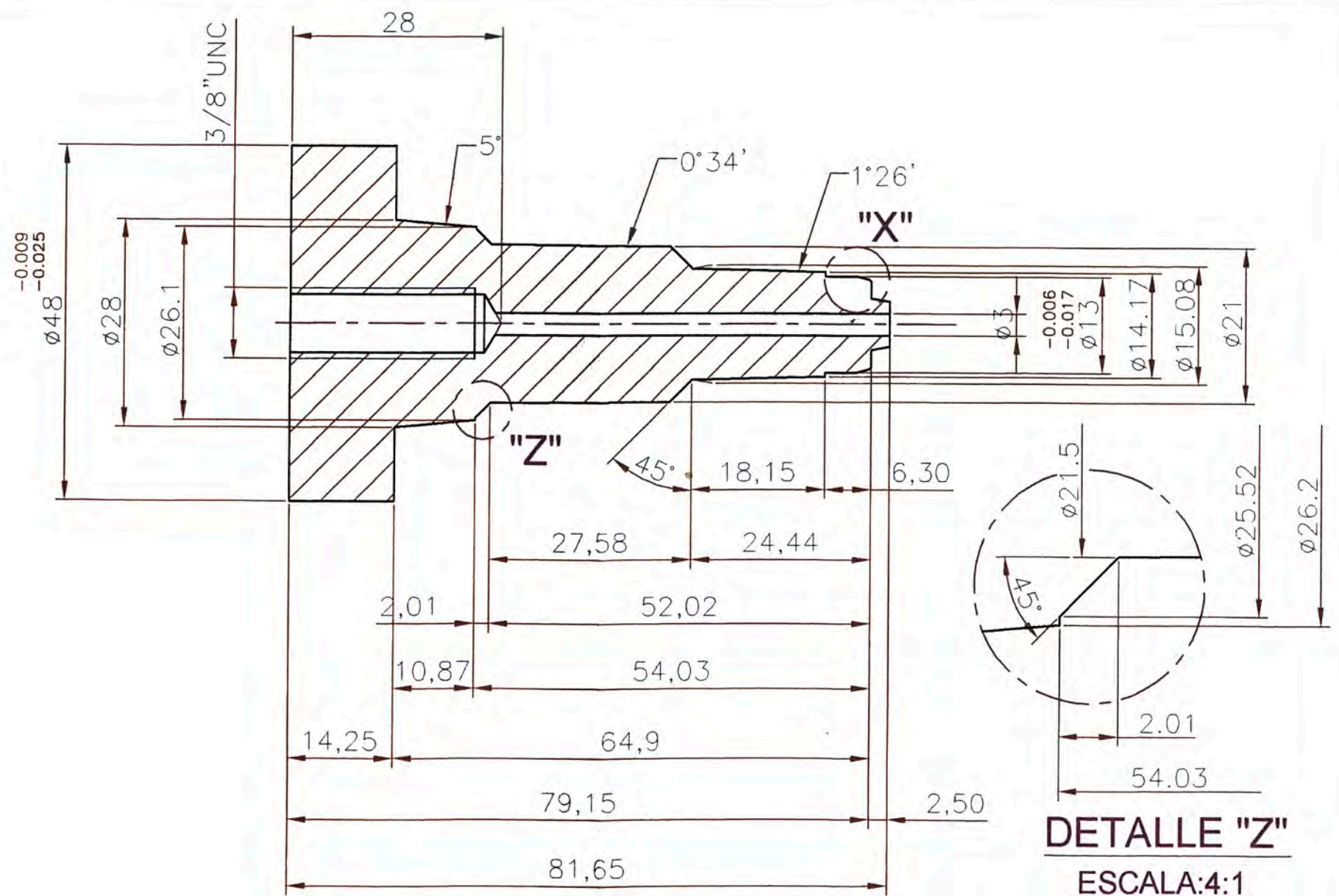
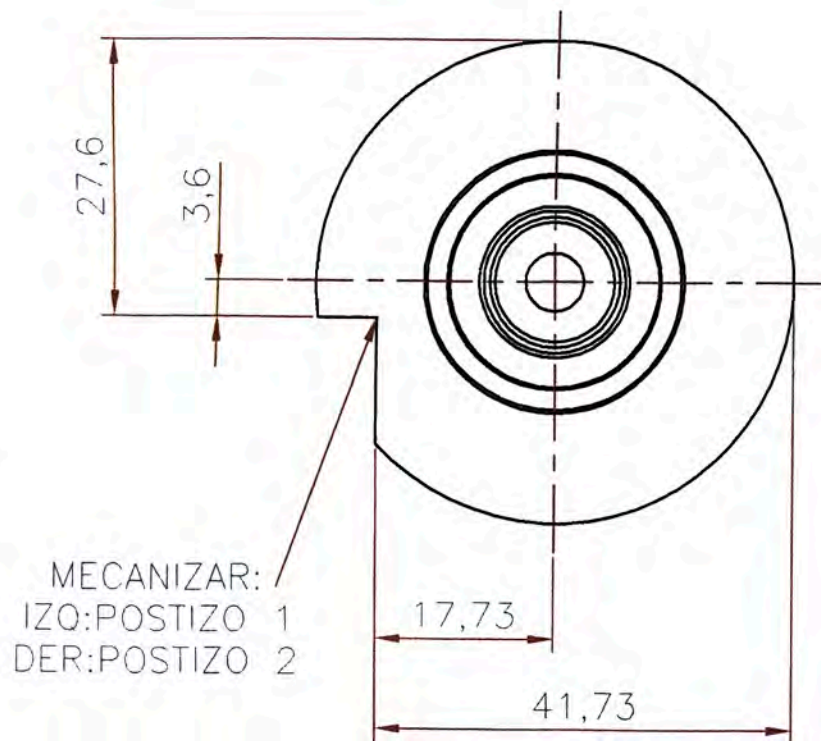
LAMINA-1

[Signature]

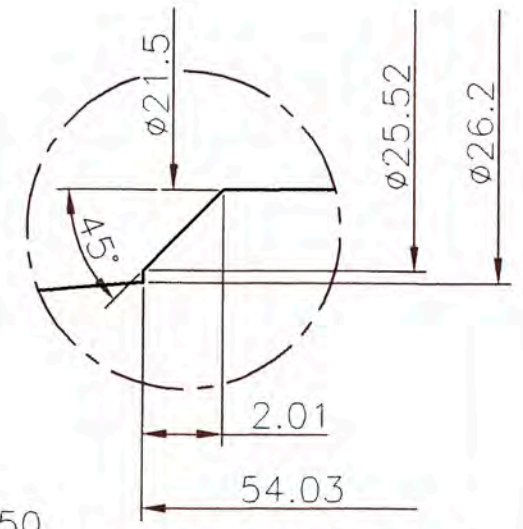
JORGE VERA ERMITAÑO

Ingeniero Mecánico

C.I.P. N° 28619

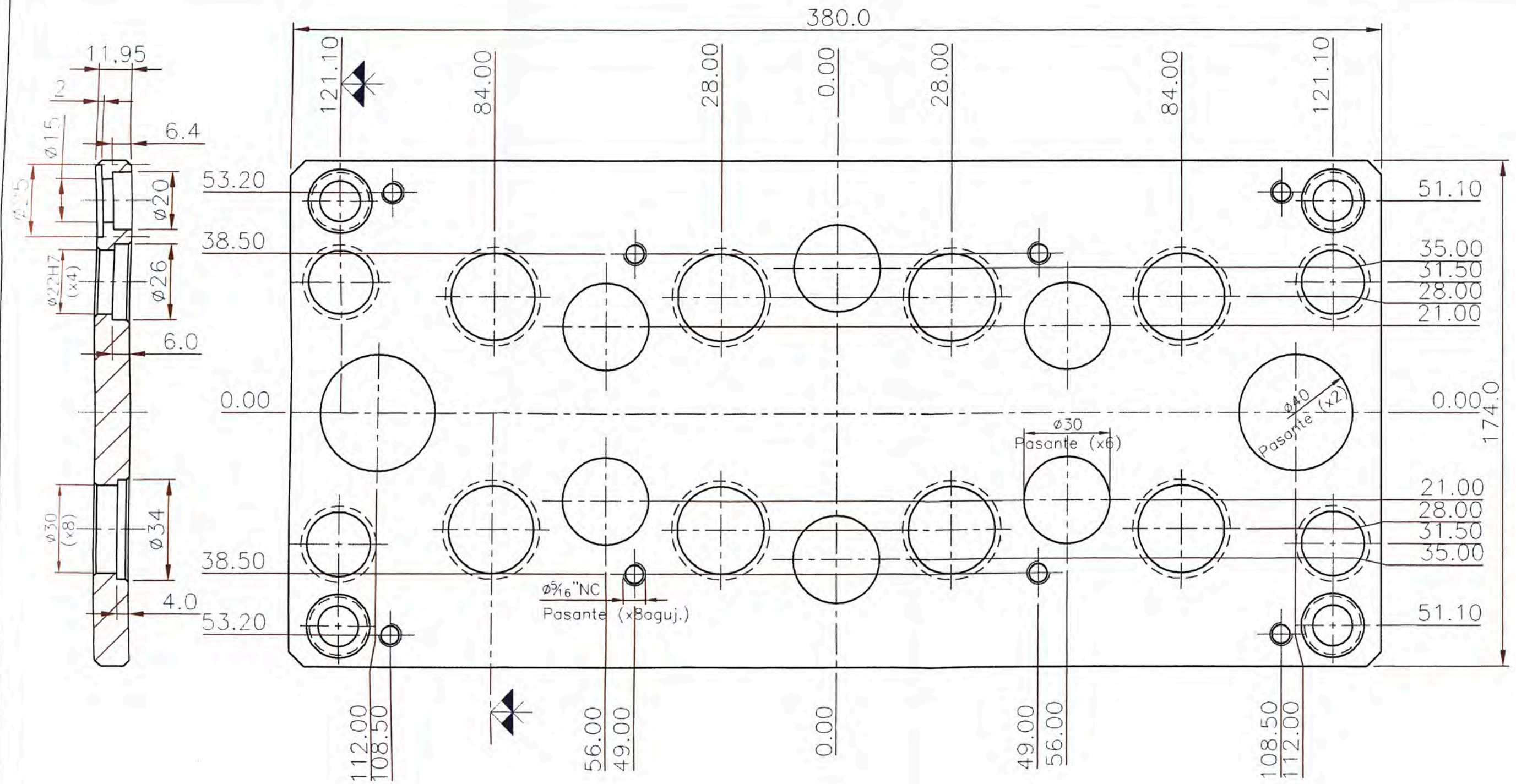


DETALLE "X"
ESCALA:4:1



DETALLE "Z"
ESCALA:4:1

Tolerancia general	Calidad	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120	> 400	> 1000	Modificado	a				
	fin	3	6	30	120	400	1000	2000		b				
	media	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1		c				
	gruesa									d				
										e				
Aristas biseladas					Codigo					Escala		Reemplazado por :		
<h1>Eje Escalonado</h1>										1:75		Reemplazo de :		
												Fecha	Nombre	Area
										Dibujado		110107	LOPEZ C.	
										Revisado		110107	LOPEZ C.	
Aprobado		110107	LOPEZ C.											
<h1>UNI</h1>										LAMINA-2				



Tolerancia general	Calidad	> 0.5 3	> 3 6	> 6 30	> 30 120	> 120 400	> 400 1000	> 1000 2000	Modificado	a	
	fina									b	
	media	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1		c	
	gruesa									d	
										e	
Aristas biseladas		Codigo		Escala		Reemplazado por :					
Placa Guía		UNI		1:1		Reemplazo de :					
						Fecha		Nombre		Area	
						Dibujado 110107		LOPEZ C.		DIS	
				Revisado 110107		LOPEZ C.					
				Aprobado 110107		LOPEZ C.					
								LAMINA-3		JORGE VERA ERMITAÑO	