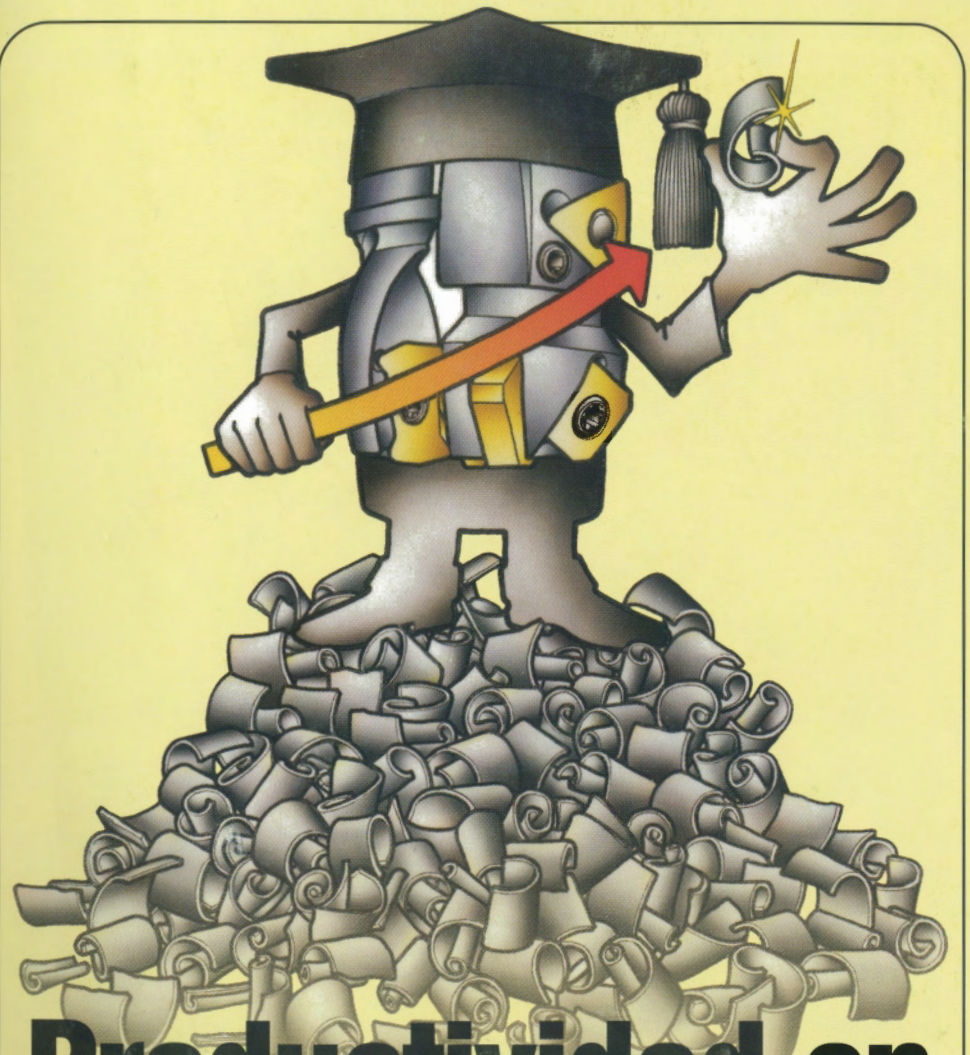


Productividad en el Mecanizado



# Productividad en el Mecanizado

**SANDVIK**  
Coromant

**Productividad en el Mecanizado**

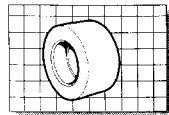
Sandvik Coromant, Editorial Técnica Depto., CMSE  
 Producción: Idéreklam, Sandviken  
 Gráficas y repro.: Sjöströms Text & Repro. Sandviken  
 Impreso en Suecia

Todos los derechos reservados. Queda prohibido, sin la previa autorización de AB Sandvik Coromant, la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.

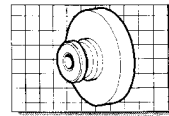
Este trabajo está publicado con el consentimiento de Sandvik Coromant y sus editores están suministrando información con vistas a presentar una orientación y dirección general para el mecanizado y relativo a la periferia de algunas ciencias. Si son necesarios los servicios profesionales para aplicaciones específicas, la asistencia de un profesional apropiado de Sandvik Coromant será obtenida localmente. Ni Sandvik Coromant ni sus editores se hacen responsables de algún error, omisión o daño que se origine por el uso de esta información.

# CONTENIDO

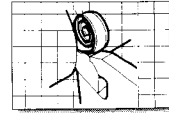
	Introducción .....	6
	Algunos factores básicos del mecanizado .....	10
	Control de viruta .....	22
	Velocidades y vida de herramienta .....	28
	Desgaste de herramienta .....	34
	Selección de herramientas para tornear .....	48
	Códigos de herramienta para tornear .....	66
	Torneado de roscas .....	76
	Tronzado y ranurado .....	86
	Torneado en desbaste de un piñón en acero .....	96
	Torneado y taladrado de una brida de acero inoxidable .....	104



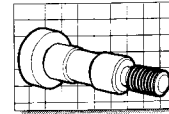
Torneado y mandrinado de un anillo en fundición ..... 110



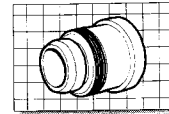
Torneado de una rueda forjada ..... 114



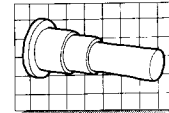
Tronzado de barras y tubos - acero y acero inoxidable ..... 118



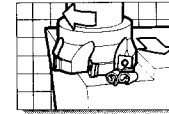
Torneado del perfil de un árbol ..... 124



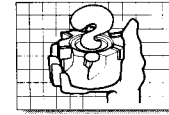
Mecanizado de un casquillo partiendo de barra de acero ..... 130



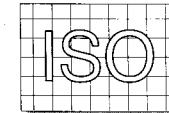
Torneado de un árbol con herramienta soldada o plaquita intercambiable ..... 134



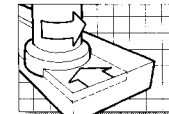
Fresado ..... 160



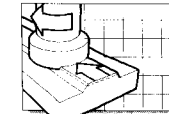
Selección de herramientas para fresar ..... 178



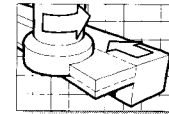
Referencias de la herramienta para fresar ..... 186



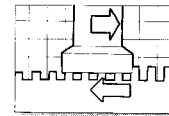
Planeado en desbaste ..... 194



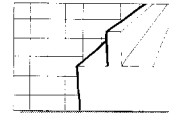
Planeado en acabado ..... 198



Fresado en acabado con inestabilidad ..... 202



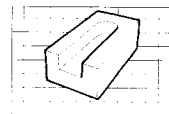
Fresado en desbaste de superficies interrumpidas ..... 206



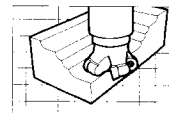
Fresado en escuadra ..... 210



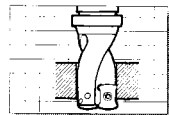
Mecanizado de ranuras ..... 214



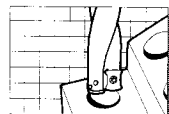
Fresas con mango para ranurar ..... 218



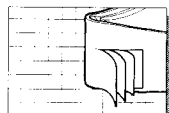
Fresado de cavidades ..... 220



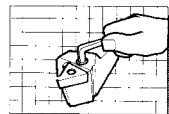
Taladrado ..... 242



Taladrado de un cuerpo de válvula ..... 252



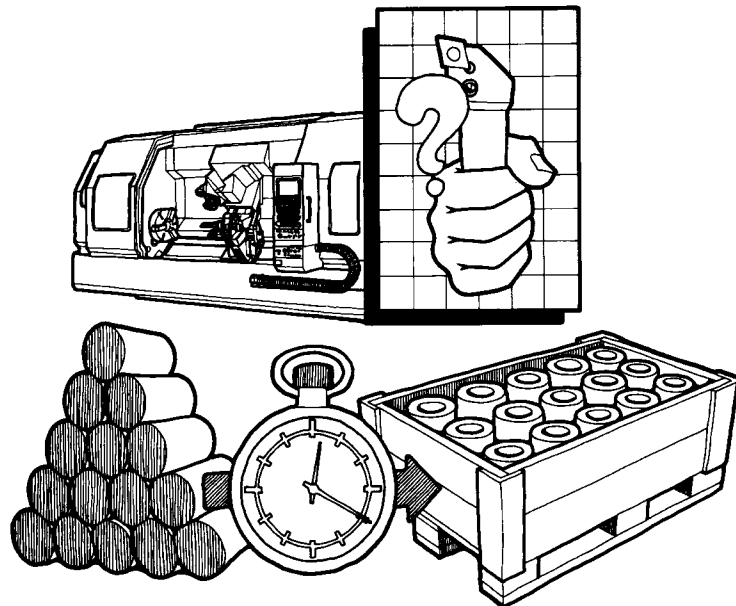
Materiales para herramienta ..... 278



Mantenimiento de la herramienta ..... 290

Ejercicios para torneado	138
Ejercicios para fresado	224
Ejercicios para taladrado	258

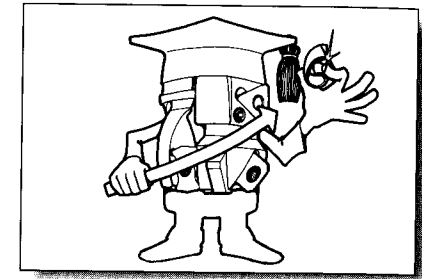
# Introducción



## **Buscando más tiempo**

El mecanizado es parte del proceso de la producción de un gran número de componentes. Como el resto de procesos en la fabricación, es esencial que este sea de gran rendimiento con el fin de conseguir productos competitivos en cuanto a los costos. Tanto si concierne a un subcontratista haciendo una parte del mecanizado o al fabricante de los lotes completos, el proceso de mecanizado va a influir en el costo efectivo que puede significar la diferencia entre obtener beneficios o pérdidas.

Una de las razones para obtener buenos resultados es el capital invertido en equipamiento en combinación con los gastos fijos. En muchos casos la pieza a mecanizar incluido el material representa un considerable costo. Pero probablemente la razón más importante en el mecanizado para ser productivo sea el de obtener el mayor tiempo posible arrancando viruta. El lema para el éxito en cuanto al mecanizado - obtener el mayor rendimiento por unidad de tiempo.



Probablemente no hay nada tan claro como la diferencia de costo por pieza donde se llevan a cabo grandes o pequeños cambios en el mecanizado. Una nueva máquina CNC de una manera cierta hará que mejore su capacidad y velocidad de mecanizado. El costo del capital de la máquina tendrá que ser pagado con la rentabilidad obtenida del aumento de productividad de la misma para más tarde empezar a obtener beneficios.

## **La manera sencilla de mejorar el mecanizado**

El mecanizado, sin embargo, puede ser mejorado en gran medida de una manera sencilla sin tener que invertir siempre en nuevas máquinas. Los procesos de mecanizado pueden mejorarse continuamente, por medio de la aplicación del uso de las herramientas de corte correctas en la forma adecuada.

Los desarrollos en mecanizado son rápidos. Los métodos utilizados hace diez años en torneado, fresado y taladrado, incluso hace cinco años, están en desuso en la mayoría de los casos. Ha sido tal el desarrollo de las herramientas de corte que de dos máquinas similares, una equipada con herramientas de corte compradas hace cinco años, la otra con herramientas modernas, esta última producirá más piezas durante el mismo período de trabajo.

Así, en la mayoría de los casos, solamente el cambio de herramientas, o incluso las plaquitas intercambiables, aplicadas correctamente, significa mayor número de piezas producidas por operario en el mismo tiempo.



# Introducción

No tomar ventajas de este desarrollo y no tener la habilidad de aplicar correctamente estas modernas herramientas significa no obtener la total ventaja de un potencial con un mayor beneficio y ser más competitivos.

## **Influencias de las herramientas de corte**

La eficiencia en el mecanizado da una mayor rapidez en la amortización de la nueva máquina, obteniendo una mayor productividad.

Hoy en día, en el mecanizado, el costo de producir una pieza se compone de varios factores - uno de ellos es el costo de las herramientas de corte. En cualquier empresa al analizar cada costo de producción podrá verse que el valor de las herramientas de corte representa un porcentaje muy pequeño. El costo de la máquina herramienta es más o menos el mismo en todo el mundo mientras que los costos por operario varían. Pero incluso si el costo de la mano de obra es comparativamente pequeño y la máquina es vieja y está pagada, se obtendrá mayor eficacia utilizando las herramientas de corte más modernas.

Si tenemos en cuenta que las herramientas de corte solamente representan un tanto por ciento muy pequeño de los costes totales de producción de una pieza, las herramientas influyen sobre:

- en el proceso de mecanizado por sí mismo
- en la cantidad total de tiempos no productivos
- en el número de operaciones necesarios
- en el tiempo total de piezas que han sido

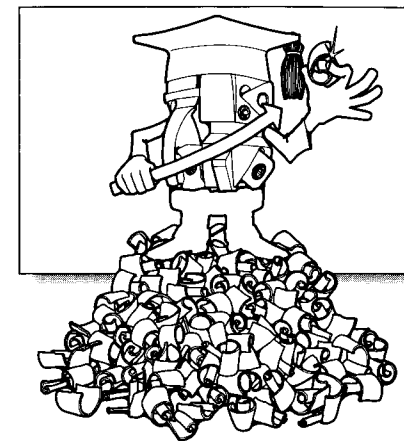
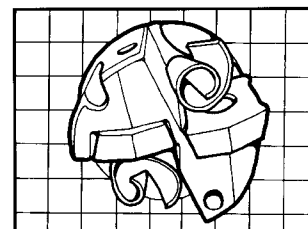
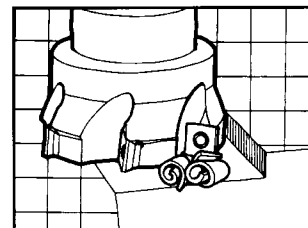
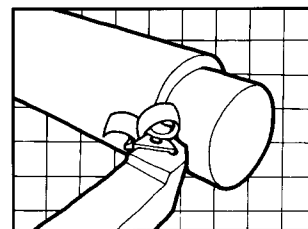
rechazadas en la fábrica

- en el número de herramientas necesarias en almacén.

## **El mejor camino para la productividad**

El objetivo de la productividad en el mecanizado es mostrar el camino de mejorar la utilización de los tiempos productivos y recursos aumentando la eficiencia del mecanizado. En una serie de módulos, para torneado, fresado y taladrado se muestra que la obtención de la mejora en la productividad no es un proceso difícil. El concepto Corokey de: fácil de elegir, fácil de usar, sirve para encontrar las últimas y mejores herramientas de corte. La productividad en el mecanizado proporciona un comienzo en el entendimiento del proceso y de como aplicar mejor las herramientas.

Una selección limitada de herramientas de corte dedicadas para el torneado, fresado y taladrado las cuales también proporcionan una amplia versatilidad, están agrupadas según su aplicación, indicando los valores de inicio para el mecanizado dependiendo del material. Estos datos son actualizados continuamente para garantizar siempre la mejor eficiencia a la hora del mecanizado. A intervalos regulares, cualquier taller puede evaluar como está la capacidad de sus máquinas y ver si hay campo para producir incluso más piezas durante el tiempo disponible de producción. La productividad en el mecanizado dará a los ingenieros, programadores y operarios una idea de como puede ser alcanzada esta.

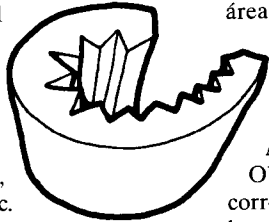


**SANDVIK**  
Coromant

# Algunos factores básicos en el mecanizado

## Produciendo virutas

Lo esencial para cualquier proceso de corte es que el material de la herramienta sea más duro que el material de la pieza y que haya una arista cortante en la herramienta. Los metales son duros de cortar, algunos más que otros, debido a su dureza, resistencia, ductilidad, etc. Hoy en día, el mecanizado se puede ver como un arte donde las herramientas han sido desarrolladas y cuidadosamente diseñadas sus aristas y geometrías de corte así como nuevos materiales.



El proceso moderno de mecanizado es más que un proceso de formación de virutas. Este ha sido desarrollado de tal forma que no solamente es una manera de arrancar material a velocidades de corte altas sino que todos los parámetros y resultados de los procesos pueden ser controlados. Las virutas son parte de la pieza de acuerdo con datos definidos cuidadosamente que aseguran las formas y tamaño de la pieza.

El proceso de mecanizado se entiende como el proceso de cortar una pieza dentro de una forma específica, tamaño y acabado, esto es llevado a cabo por la obtención de virutas aceptables para una determinada aplicación. El mecanizado es un proceso de generar/cortar virutas, necesarias a causa de las altas velocidades de corte involucradas.



Gran cantidad de virutas largas, correosas podrían acumularse en poco tiempo en el área de la máquina en forma incontrolable, provocando problemas no solamente al operario sino también a la pieza que se está produciendo.

## Material de la pieza

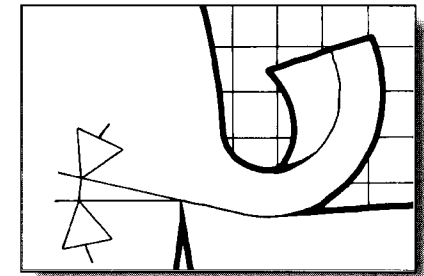
Obtener el proceso de mecanizado correcto significa conocer bien el material de la pieza a mecanizar. Las herramientas modernas, además de ser versátiles, deben servir para varios grupos de materiales para que sean de gran rendimiento. Una única herramienta de corte para todos los tipos de materiales implicaría demasiados compromisos en cuanto a rendimiento y calidad.

Hay tres grupos principales de materiales: acero, acero inoxidable y fundición. Estos representan la mayoría de los metales que son mecanizados en la industria y la mayoría de las herramientas desarrolladas para mecanizar estos materiales se pueden utilizar para mecanizar otros materiales como aluminio, bronce, cobre, titanio y otros materiales exóticos. La Organización Internacional de Estandarización (ISO) ha formado tres grupos principales que cubre la mayoría de los materiales, estos son los grupos P, M y K.

- **P** representa acero, acero fundido y fundición maleable de viruta larga.

- **M** representa principalmente a los aceros inoxidables austeníticos/ferríticos/martensíticos. Aleaciones termorresistentes y aleaciones de titanio.

- **K** representa la fundición, fundición maleables de viruta corta, acero endurecido, metales no féreos y plásticos.



## ISO

	<b>P</b> Azul	1	<b>Acero</b> - acero fundido - fundición maleable de viruta larga
		10	
		20	
		30	
		40	
50			
	<b>M</b> Amarillo	10	<b>Acero inoxidable</b> - austenítico - ferrítico - martensítico
		20	
		30	
		40	
	<b>K</b> Rojo	1	<b>Fundición</b> - gris - nodular
		10	
		20	
		30	



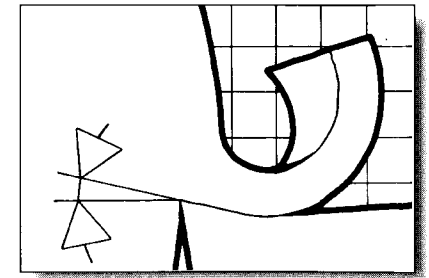
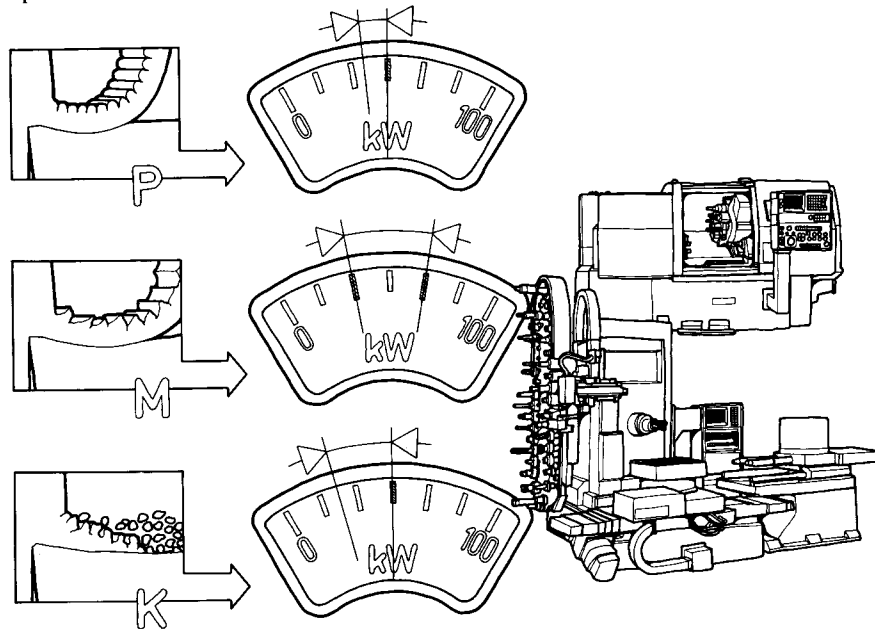
# Algunos factores básicos en el mecanizado

## Características de los materiales

Cada uno de los grupos de materiales P, M y K tienen específicas características típicas de formación de virutas. El grupo **P** es típico de **viruta larga, continua** y relativamente suave y de formación fluida, como en la mayoría de los aceros. Esto varía desde una fácil formación y rotura de la viruta, como en los aceros de contenido de carbono medio y alto y aceros aleados a los aceros de bajo contenido de carbono, virutas dúctiles que son difíciles de romper. Las fuerzas de corte, y la potencia requerida para mecanizarlos, tienen un campo límite.

El grupo **M** además de formar la viruta en forma de láminas, afluyendo intermitentemente con fuerzas de corte y potencia variable entre límites altos y bajos. El control de viruta varía entre buena y casi imposible, dependiendo de la aleación y tratamiento del material.

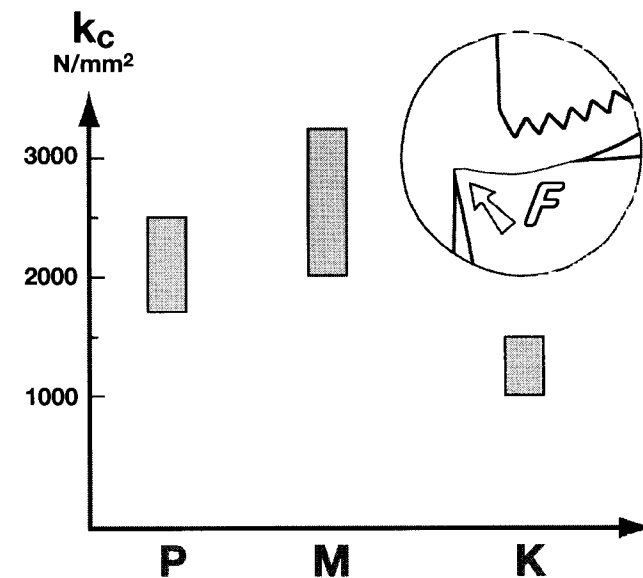
El grupo **K** es de viruta corta, con una área de formación de viruta entre casi polvo a virutas muy cortas. La potencia necesaria para mecanizar este grupo es pequeña.



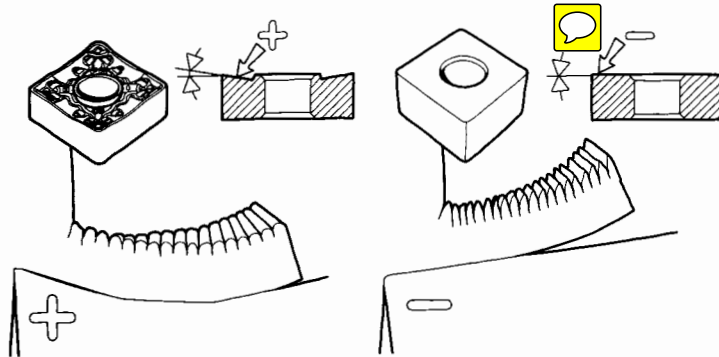
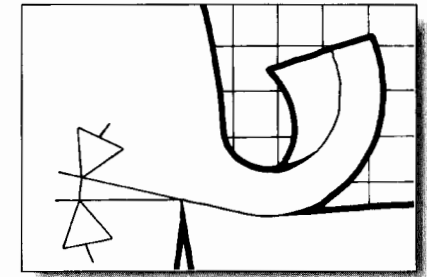
## Fuerza específica de corte

Otra expresión de las diferencias en estos tres grupos de materiales es a través de la fuerza (F) necesaria para cortar una sección de viruta específica en ciertas condiciones. Este valor se da para varios tipos de materiales y se utiliza en el cálculo de la potencia consumida necesaria en una operación. El valor de la fuerza específica de corte ( $k_c$ ) se puede considerar como un valor según material constante, expresada en  $N/mm^2$ . Cada material aleado de una pieza tendrá un valor dentro de los límites indicados.

- Materiales P tienen un valor  $k_c$  variable de: 1700-2500
- Materiales M tienen un valor  $k_c$  variable de: 2000-3200
- Materiales K tienen un valor  $k_c$  variable de: 1000-1500



# Algunos factores básicos en el mecanizado



## Acciones de corte positivas y negativas

Hay una diferencia mayor en el mecanizado, entre la acción de un corte positivo comparado con un corte negativo, que entre una arista de corte redondeada y una arista de corte viva. El ángulo de desprendimiento, formado por la cara superior y el eje horizontal del centro de la superficie de la pieza, puede ser negativo o positivo. Basándonos en esto, existen plaquitas negativas y positivas, donde los ángulos de incidencia son o bien cero o de varios grados. Esto después determina como la plaquita puede ser amarrada en el portaherramientas, obteniendo como resultado una acción positiva o negativa.

En el fresado hay un ángulo de desprendimiento adicional el cual está combinado para producir geometrías de corte doble positivo, doble negativo o positivo/negativa.

Teniendo en cuenta los ángulos de corte también se puede combinar una plaquita con arista de corte negativa con una geometría de corte positiva.

La cara de desprendimiento o superior de una plaquita forma un ángulo positivo, mientras la cara inferior de la plaquita es negativa, sin tener ningún grado de ángulo de incidencia. Esto nos va a producir acciones de corte positivas y un menor contacto entre la viruta y la cara de la plaquita reduciendo el calentamiento, desgaste y requiriendo menos potencia absorbida. **Las fuerzas de corte actuando sobre el filo de corte son menores con acciones de corte positiva y las virutas salen menos deformadas.**

## Calentamiento en el mecanizado

**El mecanizado genera una gran cantidad de calor.** Es necesario una gran cantidad de energía para separar la viruta de la pieza, necesitando utilizar la potencia de la máquina la cual es convertida en una mayor proporción en calor durante el proceso. Las temperaturas en zonas de la arista de corte, donde **las virutas fluyen por la plaquita, en la mayoría de los casos pasan de los 1000 grados centígrados.** Una combinación de fricción y calen-

tamiento motivado por el roce y proceso de deformación da temperaturas muy elevadas.

**Lo mejor que puede pasar es que la viruta se lleve la mayor parte del calor producido al salir de la zona de corte. Las virutas deben salir calientes, haciendo que la plaquita y la pieza soporten la menor cantidad posible de calor.**



En el mecanizado moderno, el problema del calor no debería estar resuelto solamente por medio del refrigerante. El proceso de mecanizado juega un papel importante así como la elección de la herramienta más adecuada con el fin de alcanzar una buena distribución del calor. Sin embargo, **las temperaturas son tan altas que si el refrigerante es simplemente vaporizado, en fresado puede causar serios problemas con la vida de herramienta.** El proceso de corte interrumpido que se produce cuando fresamos, estando las plaquitas tanto en contacto como fuera de él y **con el refrigerante salpicando las aristas de corte, crea grandes diferencias de temperaturas durante el mecanizado. El resultado es el de fisuras térmicas en las plaquitas.**



**Sin refrigeración, con temperaturas altas constantes, es más beneficioso en materiales de corte modernos los cuales están más capacitados para soportar unas altas temperaturas manteniendo su dureza.** En torneado el principio es similar, en muchos casos con la arista de corte entrando y saliendo de la pasada de corte. En la mayoría de los casos el refrigerante sólo sirve para enfriar la pieza y desalojar la viruta necesaria.

## Eliminando el calor

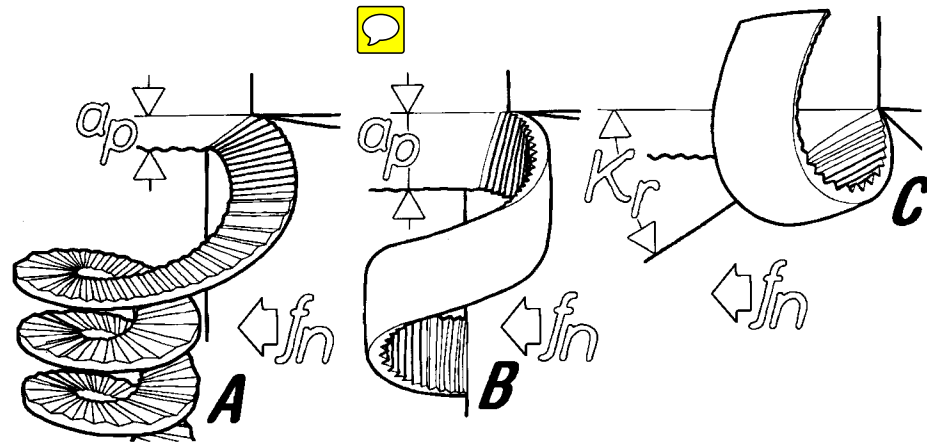
Conseguir las virutas idóneas en el mecanizado también significa suprimir el calor de la zona de corte y de la pieza. Una gran cantidad de calor se genera a través de la energía necesaria para cortar el metal - los kW's utilizados por la máquina de alguna manera muchos de ellos son transformados en energía durante el proceso de mecanizado. La mayor parte **del calor que se forma alrededor de la arista de corte se escapa con la viruta (cerca del 80%).** Las virutas azules, marrones e incluso de color del arco iris son una señal de que el proceso de mecanizado está trabajando bien bajo este aspecto.

Las operaciones que habitualmente necesitan un abundante suministro de refrigerante son: tronzado, mandrinado y taladrado - todas con viruta que necesita ser evacuada. En algunas operaciones, la aplicación del fluido de corte ayuda a mantener la dimensión de la pieza.





# Algunos factores básicos en el mecanizado

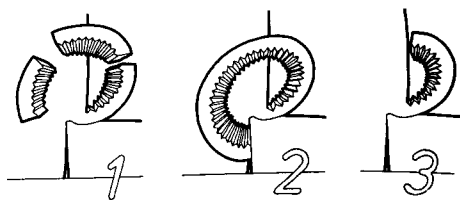


## Formación de la viruta

El mecanizado es la facultad de producir virutas del material de la pieza a mecanizar de forma correcta. Esto es vital en los procesos modernos, con el fin de garantizar la seguridad, sin complicaciones en lo tocante a la calidad, vida de la herramienta, producción y no tener paradas innecesarias. Las plaquitas modernas incorporan años de desarrollo de trabajo en el proceso de obtener una buena formación de virutas así como un buen control de las mismas. Las virutas deben de ser limpias y fracturadas en tamaños que no perjudiquen el mecanizado.

Hay tres maneras principales para controlar una formación antes de ser rotas:

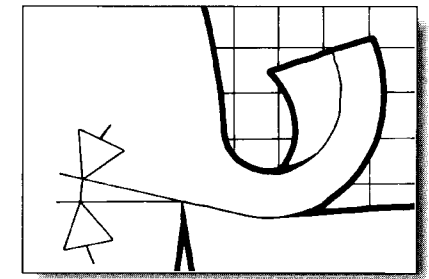
1. auto-rotura, donde el material en función de como la viruta es curvada hace que esta sea partida por la plaquita.
2. rotura de la viruta al chocar contra la herramienta, donde la viruta se curva hasta que golpea en la cara de incidencia de la



herramienta y hace que la viruta se rompa. Aunque este método es válido se corre el riesgo que el golpeteo de la viruta contra la plaquita haga que esta se dañe.

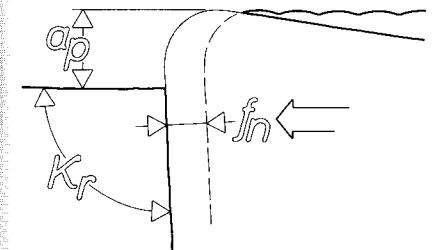
3. la viruta golpea contra la pieza, es decir esta se rompe cuando hace contacto con la superficie que ha de mecanizarse. Esta forma de rotura de viruta normalmente no es aconsejable porque puede causar daños al acabado superficial de la pieza.

La formación de la viruta debería controlarse siempre formándola y rompiéndola en forma de espiral o coma. Una plaquita intercambiable tiene un campo de aplicación específico según la profundidad de pasada y avance, los dos factores principales que determinan la sección de la viruta y el medio de como será formada y rota. Mecanizado ligero (A) produce normalmente virutas en espiral mientras que mecanizados medios (B) producen virutas curvadas en otra dirección y mecanizados pesados o desbaste (C) producen virutas en forma de coma.



## Factores:

- $a_p$ : profundidad de corte, el material cortado por la herramienta
- $f_n$ : avance de la herramienta, la distancia recorrida por minuto
- $\kappa_r$ : ángulo de posición de la herramienta, la aproximación de la herramienta a la pieza.



# Algunos factores básicos en el mecanizado

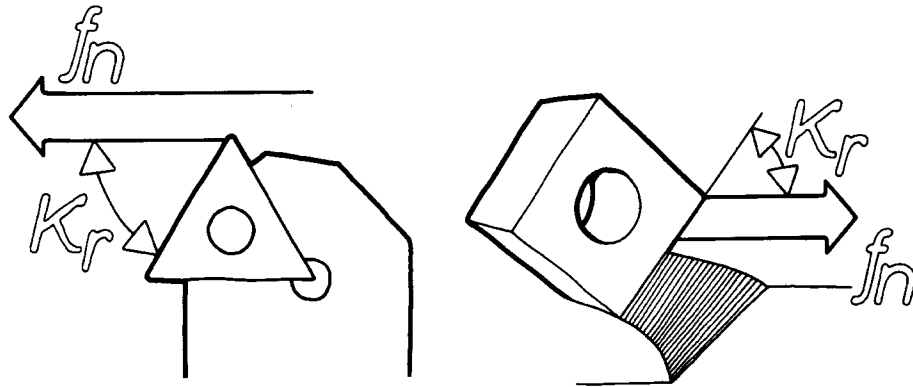


## Ángulo de ataque o de posición

El ángulo de ataque o de posición de la arista de corte afecta a la formación de la viruta. Este ángulo varía normalmente entre 45 a 95 grados e incluso a mayores en algunos casos, quedando determinados por el portaherramientas y la arista de la plaquita. En mecanizados ligeros, el radio de la punta de la plaquita actuará como el ángulo de posición de la plaquita. En el caso de 90 grados en profundidades pequeñas el radio hará variar este ángulo.

El ángulo de ataque o el de posición queda siempre determinado en la dirección del avance ( $f_n$ ) de la herramienta, en torneado y

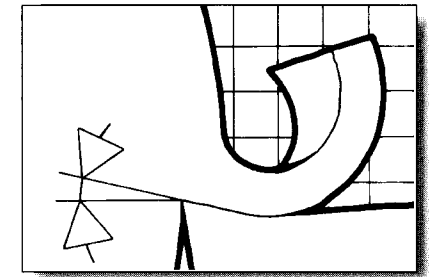
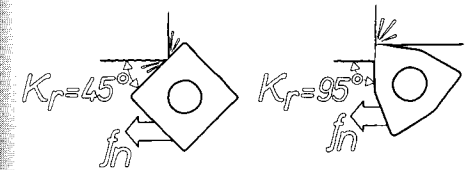
en fresado. Este es un importante ángulo de la herramienta porque afecta, no solo a la formación de la viruta sino además a la dirección de las fuerzas de corte, espesor de la viruta y la longitud de la arista de corte en contacto con la pieza. También en la forma en que la arista de corte hace contacto con la pieza a mecanizar tanto a la entrada como en la salida. La accesibilidad de la herramienta en corte, diferentes direcciones de avances y forma de plaquita están también influenciadas por el ángulo de posicionamiento. En el fresado, el ángulo de posicionamiento determina el tipo de fresa- generalmente fresado de planear o de encuadrar.



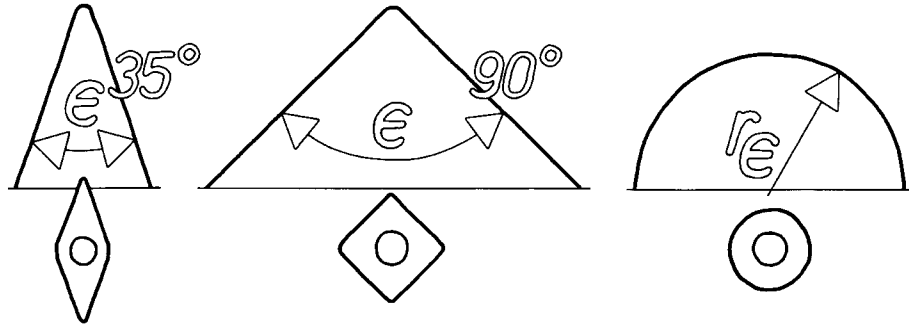
En torneado, el ángulo de posicionamiento puede ser seleccionado con el objetivo de obtener la mayor resistencia de la arista de corte. La entrada a cortar varía y se deber tener en cuenta esta opinión a la hora de seleccionar la herramienta y su aplicación. Las operaciones más comunes en torneado con máquinas CNC pueden realizarse con éxito teniendo en cuenta un ángulo de ataque grande.

## Ángulo de posicionamiento - carga de la viruta

La sección de la viruta a cortar viene determinada por el ángulo de posicionamiento. De esta manera también afectará al tamaño y dirección bajo el efecto del corte. Para una profundidad de corte determinada, el espesor de la viruta variará considerablemente cuando se cambie el ángulo de ataque de 45 a 90 grados. Un ángulo más pequeño significará un espesor más pequeño con una anchura mayor de viruta. Un ángulo mayor nos dará una viruta más gruesa y menos estrecha. La carga sobre la herramienta variará en concordancia, haciendo que un ángulo más pequeño sea mejor en aquellos de mayor profundidad de pasada con fuerzas dirigidas radialmente (hacia el centro de la pieza) y axialmente (dirección del avance). Un ángulo mayor nos creará fuerzas axiales, lo cual es ventajoso por ejemplo en el caso de mandrinados.



# Algunos factores básicos en el mecanizado

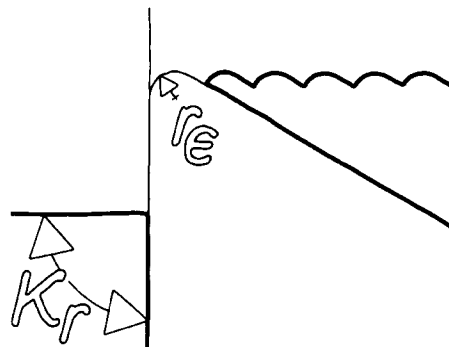


## Aristas de corte

La arista de corte y el ángulo de la punta de la herramienta varía considerablemente desde la plaquita de 35 grados a la redonda. Entre estos dos extremos están las plaquitas cuadradas, triangulares y rómbicas con ángulo en la punta de 55, 60, 80 y 90 grados. Esto va a proporcionar desde la mayor resistencia con la placa redonda a la mayor accesibilidad para perfilar con placas de 35 grados. Con una arista de corte muy resistente nos va a dar como resultado una mayor posibilidad de vibraciones durante el proceso de mecanizado y una mayor potencia requerida. Con una arista muy accesible durante el mecanizado vamos a tener un corte más suave.

El radio de la punta de la plaquita es un factor clave en operaciones de torneado y una de las consideraciones necesarias a tener en cuenta a la hora de elegir la plaquita correcta. Las plaquitas están disponibles en varios radios, desde 0,2 mm al mayor de 2,4

mm, no todos los radios se encuentran disponibles en todas las formas y tamaños de plaquitas. En las operaciones de desbaste, el radio de la punta de la plaquita debe seleccionarse el más grande posible para así conseguir una resistencia mayor, siempre evitando la tendencia a las vibraciones. El campo de avance de la herramienta se ve también afectado por el radio de la punta de

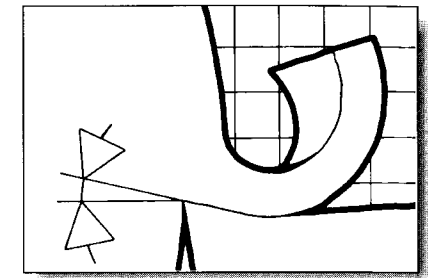


la plaquita. Un radio grande nos va a producir una arista más resistente y nos va a permitir trabajar con avances mayores. Radio pequeño significa riesgo de rotura y preparada solamente para pasadas de corte finas.

## Torneado en acabado

En las operaciones de torneado en acabado, el acabado superficial generado estará influenciado por la combinación de radios de punta y régimen de avance de la herramienta. La velocidad de corte, desgaste de herramienta, rompevirutas, geometría de corte y tendencias a la vibración también afectan al acabado superficial pero geoméricamente, la superficie está compensada con los movimientos del radio de la punta a lo largo de la superficie de la pieza. La altura teórica máxima del perfil está calculada a través de una simple fórmula, dando una indicación de los valores que se esperan conseguir y los cuales pueden ser comparados según los límites asignados para la pieza a mecanizar. Para el cálculo en torneado, según una altura de perfil determinada, se puede comenzar con un avance según la fórmula siguiente.

$$R_{max} = \frac{f_n^2}{8 \times r_e} \times 1000 \text{ (}\mu\text{m)}$$



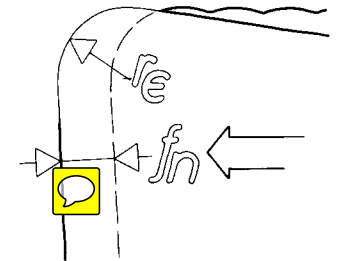
## Acabado superficial - Régimen de avance

Por ejemplo, si se necesita una altura de perfil máxima de 1,6 micras y está disponible una plaquita de radio de 0,8 mm, el valor de inicio del avance es 0,1 mm/rev. Esto concuerda con la gama de valores de inicio mínimos recomendados en el CoroKey para el acabado de acero.

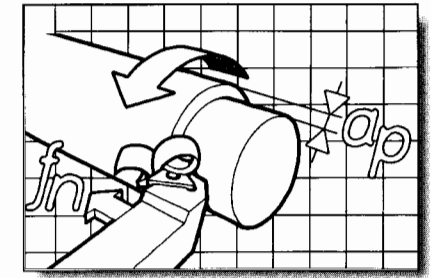
$$R_{max} = 1,6$$

$$r_e = 0,8$$

$$f_n = \sqrt{\frac{1,6 \times 8 \times 0,8}{1000}} = 0,1$$

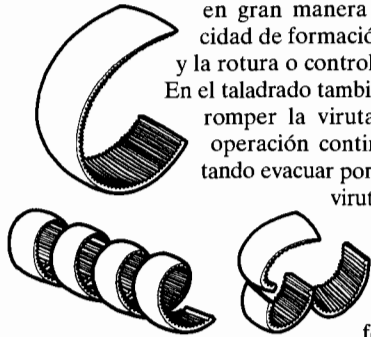


# Control de viruta



## Las virutas como indicador de una aplicación

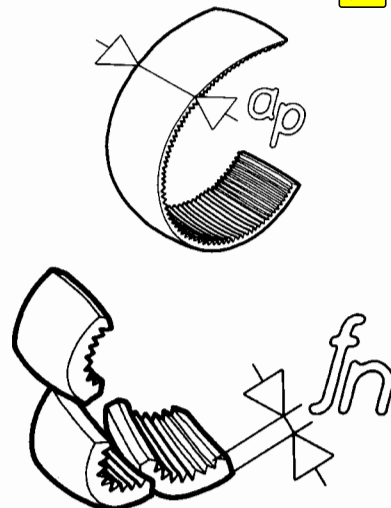
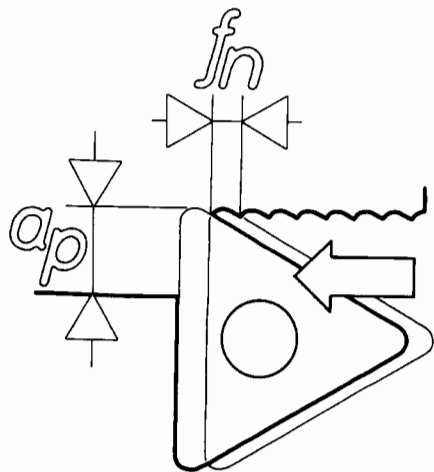
El campo de aplicación de una plaquita intercambiable está determinado en gran manera por la capacidad de formación de la viruta y la rotura o control de la misma. En el taladrado también se requiere romper la viruta, siendo una operación continua y necesitando evacuar por el agujero las virutas producidas.



Por otra parte el fresado pone más énfasis en la formación de la viruta y que ésta sea evacuada del alojamiento de la plaquita. Las virutas aquí están limitadas según su longitud de acuerdo a la relativa pequeña

longitud de corte. Existen también materiales de viruta larga y corta. El material el cual se está considerando en esta presentación es acero de formación de viruta larga.

Los factores principales de la formación de la viruta son la profundidad de corte y el avance de la herramienta. La profundidad de corte va a determinar la anchura de la viruta generada afectando también a su forma. Los tipos principales son en forma de coma y en espiral y el objetivo es tener alguno de estos dos tipos en aceptables longitudes controladas. También juegan un papel importante en la formación de la viruta el ángulo de posición o ataque y el radio de la punta de la plaquita.



Para una misma arista de corte, con diferentes profundidades de corte (**ap**), las virutas se formarán de diferentes maneras y romperán así mismo de diferentes formas.

## Profundidad de pasada - longitud del filo

La profundidad de corte y el ángulo de posición determinan la longitud o ancho de la viruta, es decir la longitud de la arista de corte la cual está en contacto durante el mecanizado con la pieza. Con un ángulo de posición de 90 grados la profundidad de corte iguala a la arista de corte. Pero con un ángulo de posición de 45 grados tendrá una longitud de arista de corte mucho mayor.

Para seleccionar el tamaño de la plaquita, longitud de corte de arista, es necesario conocer cual va a ser la profundidad de corte mayor durante el proceso de mecanizado de la determinada pieza. Deben establecerse los valores de la longitud de la arista de corte efectiva necesaria, teniendo en cuenta el ángulo de posición del portaherramientas y la profundidad de corte. Excepto para la mayoría de las plaquitas puntiagudas, con ángulos de punta muy pequeños y la plaquita redonda, **la longitud efectiva de la arista de corte recomendada debe ser la mitad de la longitud de la arista de la plaquita, con profundidades que en ciertos momentos pueden ser mayores pero durante períodos cortos.**

Si la longitud efectiva de la arista de corte es más pequeña que la profundidad de corte, se debe seleccionar una plaquita mayor o el



# Control de viruta

corte total se debe hacer en más de una pasada. Cada forma de plaquita tiene un valor máximo y cada geometría de plaquita afectará a la longitud de la arista de corte efectiva.

## Avance de la herramienta - rompevirutas

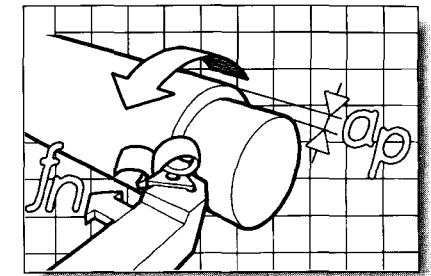
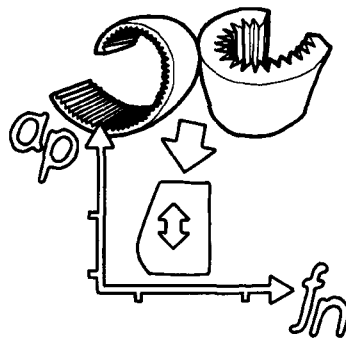
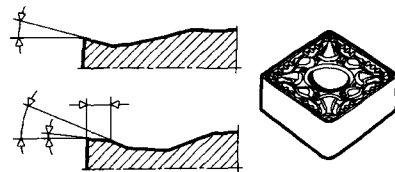
El régimen de avance de la herramienta ( $f_n$ ) es la distancia recorrida del filo de corte de la herramienta por revolución de la pieza a mecanizar. Ello determina el espesor de la viruta y también, en combinación con la profundidad de corte, la formación de la viruta. Para el torneado en desbaste, es necesario escoger el mayor radio de punta de la plaquita con el fin de asegurar la mayor robustez de la arista de corte y el mayor avance posible. El avance máximo no debe exceder del campo recomendado según el tamaño y geometría de la plaquita.

**El régimen de avance normalmente suele ser la mitad del radio de la punta de la plaquita.**

En operaciones de torneado en acabado, la combinación de avance por vuelta y radio de la plaquita determinan el valor teórico del acabado superficial en cuanto a la forma de la profundidad del perfil.

El diseño del rompevirutas de cada geometría determina la capacidad de la arista de corte para formar las virutas variando avances y profundidades de corte. El diseño de las plaquitas limita la efectividad de los rompevirutas a áreas específicas, con combinaciones de avances y profundidades de corte. En la mayoría de los casos la formación de la viruta fuera de estas áreas no son aceptables,

por ejemplo en tiras largas, roturas muy duras o virutas muy gruesas. Virutas largas y sin romper causan problemas durante el mecanizado mientras que virutas duras o gruesas provocan un desgaste o rotura de la plaquita más rápido. Virutas finas y en forma de coma en espiral nos da el área de aplicación correcta del rompevirutas.

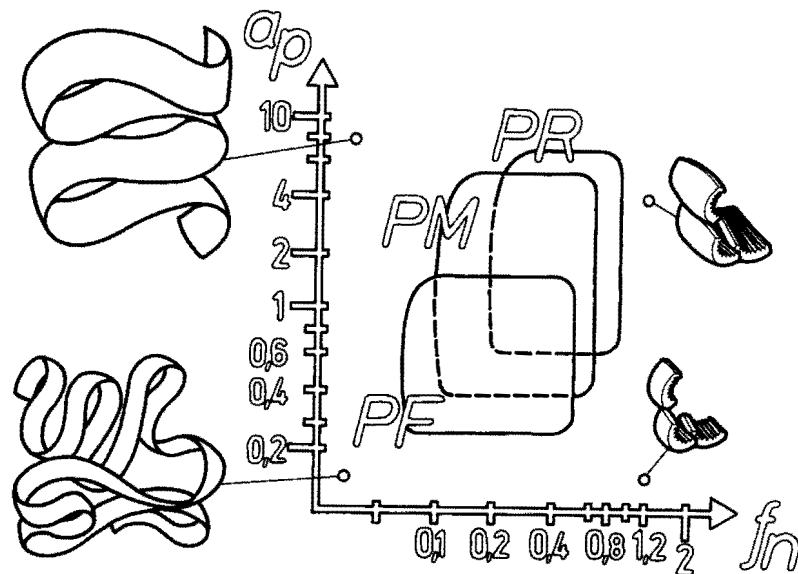
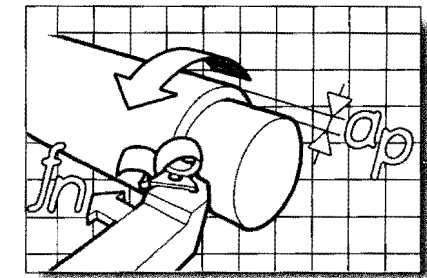
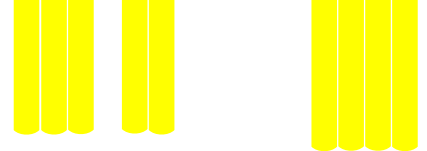


## Tamaño de la plaquita

Con el fin de conseguir una producción satisfactoria en cuanto a seguridad, es esencial que sea establecido el tamaño correcto de la plaquita. Esto es importante principalmente en el caso de operaciones de desbaste. Una vez se hayan establecidos las profundidades de corte mayores ( $a_p$ ), la longitud de arista de corte efectiva

necesaria ( $l_a$ ) está determinada. El ángulo de ataque o de posición ( $k_r$ ) influirá en la relación entre la profundidad de corte y la longitud de arista. La tabla adjunta indica la longitud de arista mínima necesaria. La forma de la plaquita también influye en la longitud máxima de la arista disponible para el mecanizado.

$K_r$	$a_p$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
	$l_a$										
90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
75	1.5	2.1	3.1	4.1	5.2	6.2	7.3	8.3	9.3	11	16
60	1.2	2.3	3.5	4.7	5.8	7	8.2	9.3	11	12	18
45	1.4	2.9	4.3	5.7	7.1	8.5	10	12	13	15	22

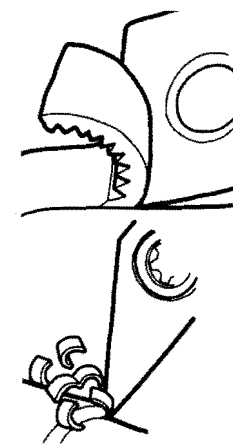



## Geometría de la plaquita

Las plaquitas tienen buenas combinaciones de funcionamiento del rompevirutas para cubrir profundidades pequeñas en la punta y grandes pasadas o profundidades de corte a lo largo de toda la arista de corte. El diseño de la geometría incorpora varias funciones de mecanizado tales como ángulos de corte, formación de la viruta y funciones de rotura así también como aristas adaptadas a las condiciones de trabajo. Cada geometría de la plaquita tiene un área de aplicación la cual comprende los avances y profundidades de corte recomendadas.

Una plaquita con geometría de acabado como por ejemplo PF, tendrá un área de avances y profundidades de corte más pequeñas que una geometría de corte para grandes profundidades, como por ejemplo PR. La geometría PM tiene un área intermedia, cubriendo varias combinaciones para una gran variación de operaciones. Las plaquitas de acabado utilizan la geometría de la punta de la plaquita, mientras que las de desgaste utilizan una gran parte de la arista de corte principal, con la salida de la viruta por encima de la cara superior de la plaquita.

El tamaño del ángulo, anchura y radios varían los rompevirutas. Las recomendaciones de CoroKey en cuanto a profundidades de corte y régimen de avances para diferentes geometrías y tamaños de plaquitas dan la mejor área de aplicación para la herramienta en cuestión. Mientras que en un torneado liso y operaciones de refrentado estarán dentro de un campo de valores en el diagrama de aplicación, las operaciones de perfilado, con profundidades de corte y avances variables hará que nos vayamos moviendo por diferentes puntos del área de aplicación. La circunstancia de mecanizado intermitente, tendencia a las vibraciones y la cantidad de potencia ayudará también a la selección de la geometría de la plaquita.



## Radio de la punta y régimen de avance en el desbaste

- **Seleccionar el radio de punta más grande posible para una mayor resistencia de la plaquita**
- **Reducir el tamaño si hay tendencia a las vibraciones**

Para el torneado en desbaste, los valores indicados en la tabla adjunta no deben ser excedidos. Una regla general es que **el avance debe ser alrededor de la mitad del valor del radio de la punta en mm**. Los radios más comunes utilizados en desbaste son 1,2 - 1,6 mm. Un radio mayor permite avances mayores.

En la tabla, los valores más altos aplicados a plaquitas teniendo un ángulo de punta de al menos 60 grados, son placas de una sola cara, utilizadas con un ángulo de posición más pequeño que 90 grados y utilizadas en materiales de buena maquinabilidad.

$r_e$	0.4	0.8	1.2	1.6	2.4
$f_n$	0.12-0.25	0.25-0.5	0.36-0.7	0.5-1.0	0.7-1.6

# Velocidades y vida de la herramienta

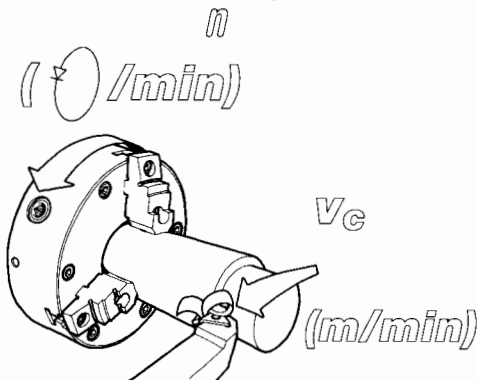


## Giro y velocidad superficial

La velocidad es clave en el mecanizado. Existe la velocidad a la cual las piezas son mecanizadas, la velocidad de puesta a punto de la máquina, la velocidad la cual las herramientas de corte están listas para empezar a cortar, la velocidad de la torreta de la máquina, velocidad de los avances rápidos, velocidad de cambio de herramientas y más. Las velocidades en estos contextos son:

- velocidad de giro (**n**)
- velocidad de corte (**vc**)

Ambos son valores clave en el mecanizado teniendo la velocidad de giro orientada hacia la máquina y la velocidad de corte orientada a la operación. El primero es siempre indicado sobre la máquina y puede ser comparado con la velocidad del motor de un automóvil en revoluciones por minuto (rpm). La velocidad de corte es similar a la velocidad de un coche en distancia por hora o por minuto (Km/h - m/min). El conductor u operario utilizará



estas velocidades aplicando cada una con diferentes propósitos.

La velocidad del husillo es el giro del plato y de la pieza en revoluciones por minuto. Esta es la velocidad a que la máquina es conducida, y en una máquina moderna CNC esta velocidad es continuamente variable.

La velocidad de corte es la velocidad superficial a la cual la herramienta se desplaza a lo largo de la pieza en metros por minuto. Esta es la velocidad a la cual la arista de corte pasa sobre la superficie. La situación donde la herramienta gira y la pieza está estacionaria es la misma, siendo sólo la única diferencia que la herramienta gira a la velocidad del husillo, haciendo que la arista de corte pase la superficie a mecanizar a una cierta velocidad de corte.

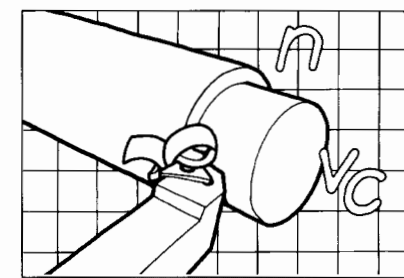
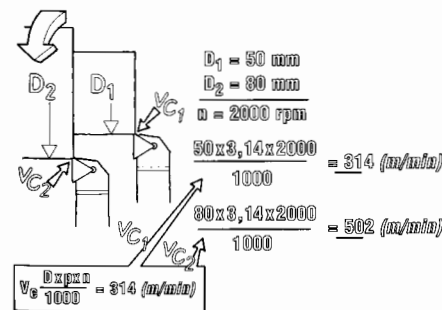
La velocidad de giro y la velocidad de corte están directamente relacionadas con el diámetro (D) y al mismo tiempo con la circunferencia (C) de la pieza a mecanizar en torneado. La relación constante entre el diámetro y la circunferencia es siempre pi ( $\pi$ ), aproximadamente: 3,14 en valor.

## Variación de diámetro

En torneado, a una velocidad de giro fija (rpm), la velocidad de corte variará con el diámetro de la pieza a mecanizar. Un diámetro mayor significa que hay que dar más pasadas de corte por minuto y la herramienta tendrá que ir a una mayor velocidad de avance.

En las máquinas modernas CNC la velocidad de corte se puede mantener constante durante toda la operación ya sea refrentando de dentro hacia afuera o viceversa debido a que la velocidad varía en línea con la variación del diámetro.

En el caso de mecanizado de dos diámetros, 50 y 80 mm a una velocidad constante de 2000 rpm, la velocidad de corte resultante será de 314 m/min y 502 m/min respectivamente. Si la velocidad de corte se mantiene a 314 m/min la velocidad de giro tendrá que ser reducida a 1250 rpm.



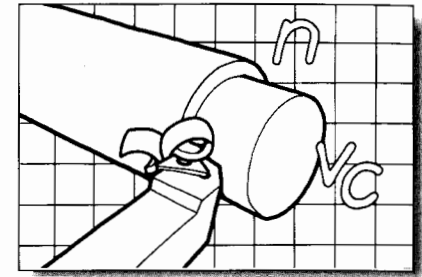
Velocidad del husillo (n)/  
Diámetro/Velocidad de corte

Diámetro (mm)	Velocidad de corte (m/min)					
	30	40	50	100	150	200
12	795	1060	1326	2652	3979	5305
16	597	795	995	1989	2984	3978
20	477	637	796	1591	2387	3183
25	382	509	637	1273	1910	2546
32	298	398	497	994	1492	1989
40	239	318	398	795	1194	1591
50	191	255	318	636	955	1272
63	151	202	253	505	758	1010
80	119	159	199	397	597	795
100	95	127	159	318	477	636
125	76	109	124	255	382	509
160	60	80	99	198	298	397
175	55	71	91	182	273	363
200	48	64	80	160	239	318

Diámetro (mm)	Velocidad de corte (m/min)				
	300	400	500	600	700
12	7957	10610	13262		
16	5968	7957	9947	11936	<b>n</b>
20	4774	6366	7957	9549	11140
25	3819	5092	6366	7639	8912
32	2984	3978	4973	5968	6963
40	2387	3183	3978	4774	5570
50	1909	2546	3183	3819	4456
63	1515	2021	2526	3031	3536
80	1193	1591	1989	2387	2785
100	952	1273	1591	1909	2228
125	794	1018	1237	1527	1782
160	596	795	994	1193	1392
175	544	727	909	1091	1273
200	476	636	795	954	1114



# Velocidades y vida de la herramienta



La velocidad de corte es uno de los principales datos de corte que se ha establecido en las operaciones de mecanizado. En CoroKey es indicado con la profundidad de corte o pasada y avance para los respectivos materiales. Valores de inicio son dados dentro de un campo óptimo para cada geometría de plaquita y calidad de metal duro. Estos valores han sido establecidos sobre la base normal de la duración de la arista de corte trabajando **(vida de la herramienta) 15 minutos.**

## Vida de la herramienta

La vida de un filo de herramienta es la suma del tiempo que puede cortar material fidedignamente, produciendo una cierta suma en cantidad de desgaste de la herramienta (**VB**). La plaquita puede ser muy capaz de llevar a cabo un mecanizado después de predecir el valor de la vida de herramientas pero excediendo estos sin supervisión

continua puede conducir a complicaciones por un rápido deterioro del filo de corte, con un acabado superficial no satisfactorio, rotura de la plaquita etc, como resultado. La velocidad de corte óptima en el mecanizado moderno debe estar equilibrada siempre entre productividad y seguridad de la producción, la utilización del tiempo disponible y los recursos es el asegurarse la aplicación correcta de la herramienta.

Considerar las dos velocidades de corte 502 y 314 m/min, como valores modernos realistas para el acabado de acero aleado con una dureza de 180 HB, con la utilización de plaquitas modernas. Durante una vida de herramienta de 10 minutos a una velocidad de corte de 502 m/min, serán mecanizadas un número considerable de piezas representadas por los 5020 m. de superficie por la que ha pasado la arista de corte. A una velocidad

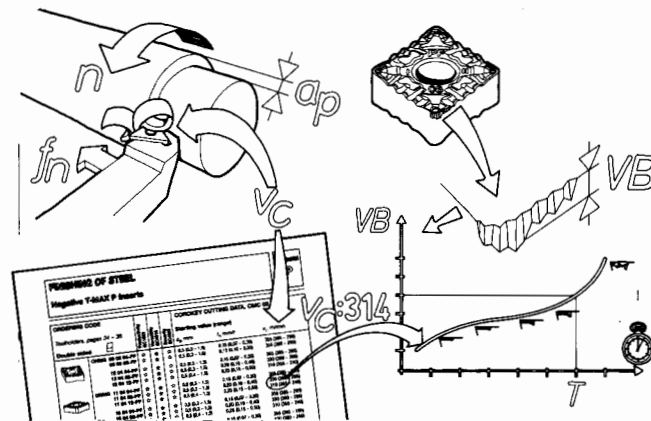
de 314 m/min manteniendo una vida de arista de corte de 15 minutos se hará un menor número de piezas representado por 4710 m. de superficie por arista de corte. Este ejemplo, ambos con valores modernos de mecanizados, nos muestra el equilibrio entre la productividad/vida de la herramienta el cual ha sido establecido en una producción óptima.

## Dureza

La dureza de la pieza resulta un factor importante el cual influye en la vida de la herramienta, además de la estabilidad. En muchos casos de mecanizado, la relación entre dureza de la arista de corte y la de la pieza van a influir además en la vida de la herramienta. El valor de 180 HB ha sido escogido como un valor representativo medio. Un aumento de la dureza nos dará una vida de herramienta menor a una cierta velocidad de corte y una dureza menor nos dará una mayor vida de la herramienta. Para mantener una vida de 15 minutos por arista de corte, la velocidad puede ser ajustada por un factor que ha sido determinado prácticamente.

Por ejemplo, una pieza de dureza 240 HB, tendrá un factor de 0,77. La velocidad de corte está ajustada multiplicando por este factor.

De la misma manera, si es necesario un cambio de la velocidad de corte con el fin de conseguir una vida de la herramienta mayor, la velocidad de corte es multiplicada por un





# Velocidades y vida de la herramienta

factor predeterminado. Si para una operación determinada la vida es de 15 minutos y desea aumentarse a 25 minutos, la velocidad de corte debe ser multiplicada por el factor 0,88.

## Material de la herramienta

Las calidades de las plaquitas, representando los diferentes tipos de materiales de corte que hacen a los materiales de metal duro, son adaptadas a las diferentes condiciones de corte. La velocidad de corte es la variable principal en relación con la vida de la herramienta. El sistema de clasificación ISO para varios tipos de materiales a mecanizar y sus aplicaciones nos sirven de base para comparar diferentes calidades de herramientas. El área P para acero y con aplicaciones en tipos

desde las operaciones más ligeras hasta aquellas operaciones de desbaste pesado teniendo el valor 25 como el valor medio. Esto también refleja la variación necesaria para la resistencia al desgaste y tenacidad en la arista de corte, dependiendo de las altas velocidades de corte en el área ligera a la demanda de presión en el área pesada.

Tenemos tres grados ISO diferentes cubriendo las diferentes demandas de aplicación. El ISO 15 en lo más alto de la tabla con una orientación hacia el acabado a velocidades de corte altas teniendo como característica dominante la resistencia al desgaste. El campo intermedio **ISO 25 es una calidad que cubre varios campos, teniendo suficiente resistencia al desgaste y tenacidad cubriendo la mayoría de las operaciones de acabado y desbaste ligero.**

La ISO 35 con mayor tenacidad con el fin de conseguir una arista de corte más segura para cortes duros y es más adecuada para operaciones de tipo medio y desbaste.

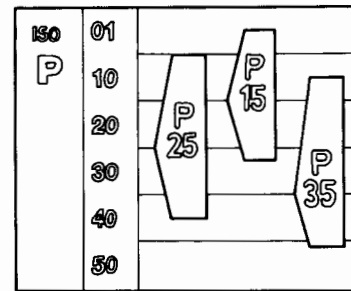
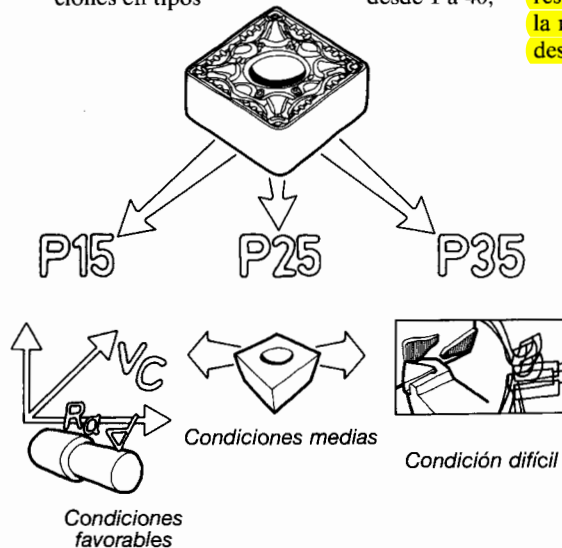
Combinaciones de geometrías de plaquitas, como F para acabado, M para mecanizado medio y R para desbaste conjuntamente con calidades específicas de plaquitas hacen que tengamos diferentes tipos de aristas de corte con un resultado óptimo en todas aquellas demandas diferentes. Como las calidades dan propiedades diferentes para aquellas necesidades operacionales, éstas se irán adaptando a las combinaciones de profundidad de pasada y a los diferentes avances en aquellas operaciones de torneado.

## Determinando la velocidad de corte

Los factores más importantes a tener en cuenta cuando se selecciona la velocidad de corte para ciertas combinaciones de calidades y geometrías y diferentes tipos de operaciones son:

- tipo de material a mecanizar y su dureza
- forma de las pasadas a lo largo de la pieza y los resultados a obtener
- valores operacionales como profundidad de pasada y campos de avances
- las condiciones de mecanizado son un factor vital en cualquier operación tratando de conseguir la mejor estabilidad con el fin de evitar vibraciones, la cual provocaría la rotura rápida de la arista de corte y daría por resultado un mal acabado superficial.

En la guía de selección CoroKey, las condiciones han sido denominadas de tres formas: **favorable**, la cual incluye corte continuo, adecuada para trabajar con altas velocidades de corte, la pieza frecuentemente ha sido pre-mecanizada y tiene un buen amarre; **media**, lo cual indica que tiene diferentes avances direccionales, piezas forjadas o fundidas y amarre bueno; **difícil** con cortes interrumpidos, velocidades de corte bajas, gran cantidad y fuerte cascarilla de fundición o de forja y pobre e inestable amarre.

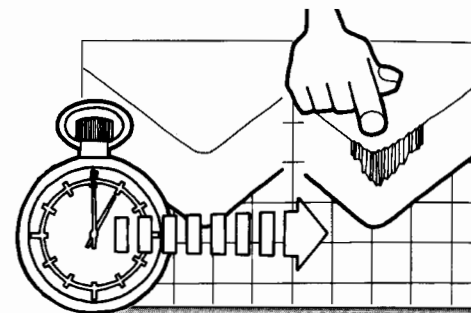


ISO	GMC	HB	Menor dureza				Mayor dureza				
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	02.1	100	1,44	1,35	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
M	02.21	100	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
K	02.2	200	1,21	1,13	1,05	1,0	0,95	0,90	0,85	0,82	0,79

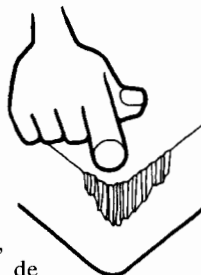
Vida hta, (Min)	10	15	20	25	30	45	60
	1,11	1,0	0,93	0,88	0,84	0,75	0,70

# Desgaste de la herramienta

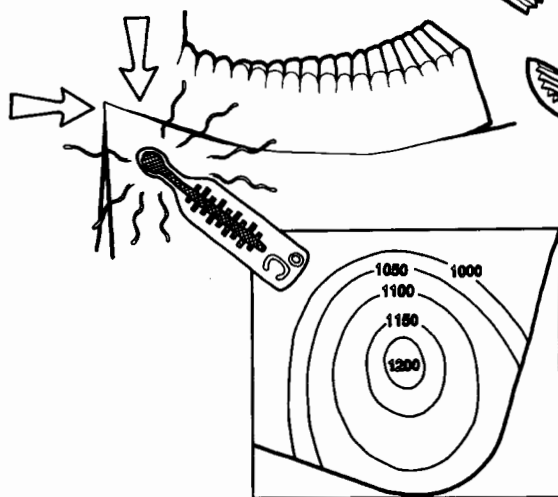


## Vida correcta de la herramienta

La vida de una plaquita de la herramienta está limitada por el desgaste de sus arista de corte. Cuando el desgaste total es superior al previsto para esa arista de corte, se ve por una serie de señales que la vida de esa herramienta ha alcanzado su límite predicho.



Durante su tiempo de vida, la arista de corte habrá producido un número de piezas. A la plaquita se le presume que va a producir un número de piezas, por ejemplo en acero al carbono durante su tiempo



de vida de 15 a 20 minutos de tiempo de corte en modernas máquinas. En otros materiales tales como los aceros inoxidable la vida puede ser más corta.

Hay que tratar de conseguir la combinación de alta productividad y vida de la herramienta satisfactoria que es el factor más ventajoso en el proceso de mecanizado. Si la vida de la herramienta es corta, se produce un gran número de paradas de máquinas debido al número de paradas por cambio de filos de corte de la plaquita y la seguridad de alcanzar la producción se verá afectada. Si la vida de la herramienta es demasiada larga, el resultado será de una pérdida de productividad y una utilización pobre de los recursos y del tiempo. La selección y aplicación correcta de la herramienta es el factor crítico a la hora de alcanzar el balance más económico en el mecanizado.

¿Qué es lo que hace que se produzca el desgaste en la herramienta?

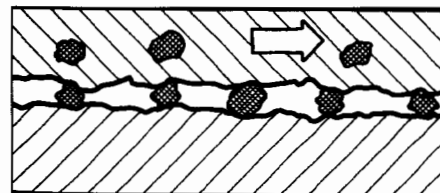
El desgaste de la herramienta durante la acción de corte es continuo hasta llegar al desgaste total de la arista de corte. El proceso de formación de la viruta significa que la viruta está afluyendo continuamente a una alta presión y temperatura sobre la cara superior de la plaquita y la cara de incidencia de la misma. La zona más afectada del corte se ve envuelta en una serie de reacciones producidas entre el material de la pieza y el material de corte, haciendo que sea crucial la elección correcta la calidad y geometría de la

plaquita, así como las condiciones de corte para obtener un buen proceso de mecanizado.

## Causa del desgaste de la herramienta

Existen cinco mecanismos básicos de desgaste de herramientas:

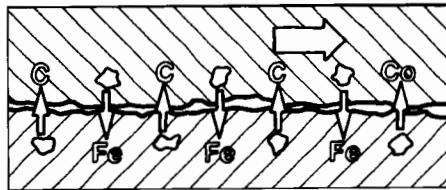
- **desgaste por abrasión**, es el más común y ocurre en la mayoría de las operaciones de corte de metales. Este es el desgaste entre dos superficies que se rozan entre sí. Partículas duras de los materiales cortados son forzadas a rozar la superficie de la plaquita como si se tratara de un rectificado. La mayoría de los metales a mecanizar tienen alguna proporción de carburos duros como una parte de su estructura y se lo ponen muy difícil para la resistencia al desgaste de la plaquita. Un material de corte más duro, hace más resistente el desgaste por abrasión.



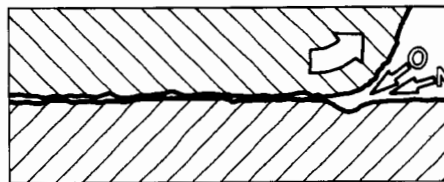
- **desgaste por difusión**, es más un proceso químico donde la combinación de calor y presión en la zona de corte va a producir reacciones entre los materiales de las piezas y herramientas. Las propiedades químicas de resistencia puede en sumo grado decidir la cantidad de material desgastado por difusión y la dureza no juega un papel muy importante a este respecto. La capacidad metalúrgica del

# Desgaste de la herramienta

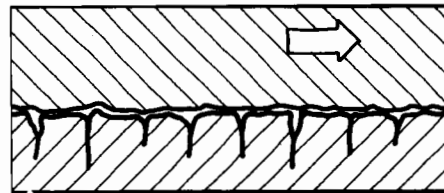
material de la herramienta capaz de mantener inerte la reacción del material de la pieza decidirá la **afluencia de átomos entre los dos** y cual será el tamaño de **cráter que se formará sobre la superficie de la arista de corte**, al paso de las virutas sobre ella.



• **desgaste por oxidación**, resultado producido como consecuencia de las altas temperaturas y presión pero diferente al proceso de difusión. Normalmente se produce donde el material de la pieza y el material de la herramienta se juntan o contactan durante el proceso de corte. Lo mismo que en el desgaste por difusión, los materiales de herramienta varían según la agresividad destructiva de este fenómeno. El desgaste por oxidación produce un desgaste de una profunda huella, normalmente en la parte de la arista de corte donde se realiza el corte de material de la pieza.

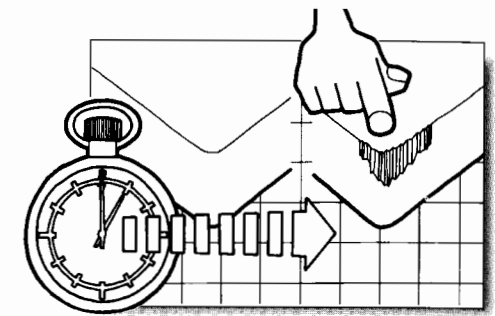
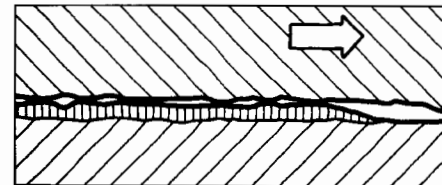


• **desgaste por fatiga**, es el resultado de un material no adecuado a las demandas exigidas debido a las altas temperaturas sobre la zona de corte. **Variaciones de temperaturas** en combinación con **variación de la presión** por efecto de las fuerzas de corte hace que la herramienta se vuelva frágil y después acabe rompiéndose. Algunos materiales de herramientas son más propensos que otros **y el desgaste se puede acelerar con una refrigeración de la herramienta mala**, especialmente en fresado, donde la arista de corte es calentada durante el proceso de corte y enfriada cuando está fuera de contacto de la pieza, de una manera continua durante el proceso de mecanizado.



• **desgaste por adhesión**, o filo de aportación, es un tipo diferente el cual se produce cuando se obtienen bajas temperaturas durante el mecanizado. A menudo, se presenta esta forma de desgaste cuando se mecaniza a bajas velocidades de corte. **El material de la pieza es soldado sobre la arista de corte en lugar de que fluya sobre la superficie** de la misma a temperaturas altas. Cuando se produce este fenómeno al aportar el material sobre la arista de corte, la geometría de la herramienta cambia completamente creando una fricción y produ-

ciendo un proceso de corte pobre. Este fenómeno puede ser observado cuando se mecaniza en máquinas herramientas que no disponen de la gama de velocidades de corte altas, adecuadas al material que se vaya a mecanizar. A medida que se mecanizan más piezas se comprueba como va aumentando el tamaño del filo aportado. Hay materiales más propensos a producir este fenómeno como son los aceros con bajo contenido en carbono, los aceros inoxidable y aluminios. A menudo, si se trabaja a la velocidad de corte adecuada este tipo de desgaste es reducido o eliminado.



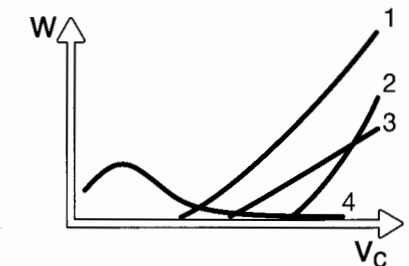
## Tipos de desgaste y velocidad de corte

Los mecanismos de desgaste son referidos especialmente a la velocidad de corte de una operación, pero los diferentes tipos de mecanismos de desgaste varían en diferentes formas. En el diagrama siguiente, se muestra la tendencia al desarrollo de desgaste sobre una plaquita de metal duro.

W: desgaste

$V_c$ : velocidad de corte

- 1: desgaste por abrasión
- 2: desgaste por difusión
- 3: desgaste por oxidación
- 4: desgaste por adhesión o filo de aportación



# Desgaste de la herramienta

## Optimización de la vida de la herramienta

Es el resultado del deterioro de la arista de corte a través de los diferentes mecanismos de desgaste. Prácticamente, esto puede verse sobre las plaquitas. La clasificación de los diferentes tipos de desgastes es uno de los indicadores más importantes para obtener un éxito durante el mecanizado y ajustándole acordemente. De esta manera la geometría y la calidad correcta de la plaquita pueden ser elegidas así como las mejores condiciones de corte para una operación.

Inspeccionando el proceso de desgaste de la arista de corte o cuando ya se ha producido la anulación de la misma, y actuando sobre lo que se ha dicho, con la información proporcionada para cada tipo de desgaste, el mecanizado está optimizado en torneado, fresado y taladrado. Siempre hay un desarrollo de desgaste ideal para una operación de mecanizado y llegar a esto representa la esencia de optimización del mecanizado.

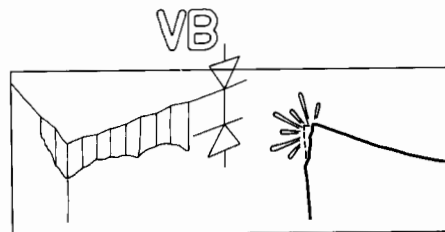
Estos, sin embargo, van de acuerdo con la optimización en cuanto a productividad/vida de la herramienta. El principal objetivo de una operación de hoy en día para la fabricación es reducir al mínimo cualquier tipo de desgaste y alcanzar el mayor tiempo posible de vida de la herramienta, con lo que se obtendrá siempre la productividad deseada.

## Desgaste de la herramienta sobre el filo de corte

Los tipos principales de desgaste de la herramienta están clasificados de acuerdo a:

- **desgaste en incidencia** Este es el **desgaste más común (VB)** y como su nombre indica se produce sobre su cara de incidencia de la arista de corte. **La causa principal es el mecanismo de desgaste por abrasión**, partículas duras en el material de la pieza rozan la plaquita. **Lo ideal es obtener un desgaste uniforme sobre la cara de incidencia.** Un desgaste excesivo dará como resultado unos acabados malos y un aumento de la fricción, así como con una reducción del ángulo de incidencia daría un aumento de la temperatura. En desbaste un aumento excesivo del desgaste de la cara de incidencia resultaría una geometría de corte mala produciéndose vibraciones, aumento de consumo de potencia y un gran riesgo de rotura de la arista.

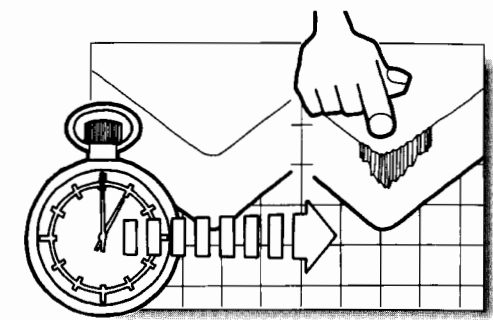
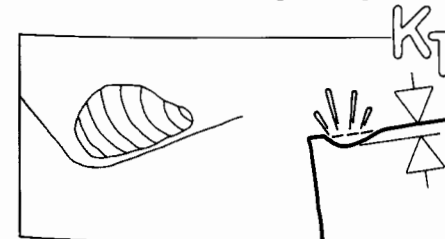
Si el desarrollo del desgaste en incidencia se produce rápidamente, se debe comprobar la velocidad de corte con el fin de asegurar que



ésta no sea demasiado alta para la calidad de plaquita y operación en cuestión. La causa puede ser debida a la mayor dureza del material. Una calidad más resistente al desgaste según la tabla ISO es a menudo la mejor solución.

- **desgaste en cráter** Este fenómeno es **similar al desgaste en incidencia pero con la diferencia que se produce en la cara superior**, donde las virutas pasan sobre la arista de corte. El mecanismo de desgaste que crea el cráter (KT) en la arista de corte es **principalmente abrasión y difusión.** Material de la herramienta es desprendido continuamente a través del paso del material de la pieza en forma de virutas a temperaturas y presiones altas. El desgaste en cráter hasta ciertos límites se pueden considerar normales. Un desgaste en cráter excesivo cambia la geometría y puede correr el riesgo de rotura de la arista de corte.

Si el desgaste en cráter se produce rápidamente, es debido también a una velocidad de corte excesiva para la operación a realizar y será necesario una calidad más resistente al desgaste. También, hay que comprobar el

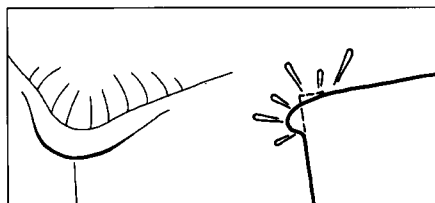


# Desgaste de la herramienta

avance, ya que este va a producir presiones y aumenta las fuerzas de corte pudiendo ser muy altas en combinación con una velocidad muy elevada produciendo un exceso de calor sobre la arista de corte. Una geometría más positiva suele ser muy buena solución para reducir el riesgo del desgaste en cráter.

• **deformación plástica** Temperaturas y presiones altas pueden en muchos casos hacer que el material de la herramienta se deforme. Esto puede ocurrir de dos formas, bien que la arista sea deformada hacia abajo en la dirección del mecanizado o que se deforme hacia los ángulos de incidencia de los flancos bajo una presión. El material de la herramienta tiene que retener suficiente dureza en caliente para no deformarse plásticamente. Desafortunadamente la deformación del filo producirá más calor por fricción, deformación de la geometría y el deterioro del control de la viruta, acelerando el proceso de deformación. En acabado, la deformación se traduce en un mal aspecto superficial.

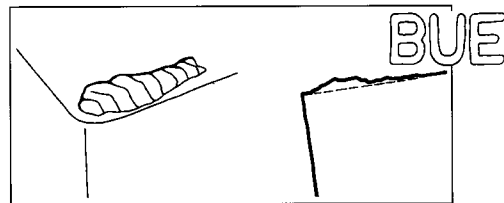
La deformación plástica se debe combatir con una calidad más resistente al desgaste ya



que será más dura y soportará mejor estas condiciones. La velocidad de corte y el avance de trabajo habrán sido excesivas para el tipo de mecanizado.

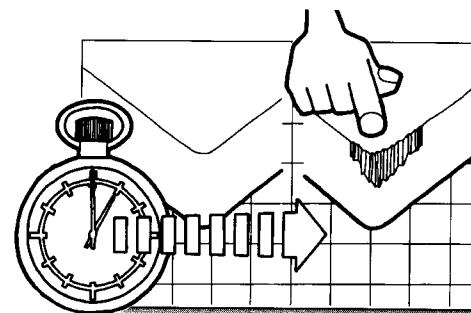
• **filo de aportación.** La formación de láminas de material de la pieza soldadas sobre el filo de corte es normalmente el resultado de temperatura en la zona de corte la cual es demasiado baja debido a velocidades de corte baja. El BUE (filo de aportación) altera la geometría de corte, a menudo haciendo de una plaquita positiva que se convierta en negativa o que se reduzca la incidencia por el esmerilado del flanco de la plaquita. Temperaturas bajas en combinación con presiones del material cortado hacen de ciertos materiales propensos a este efecto con rápido deterioro del proceso de mecanizado como sus resultados. Algunos materiales blandos necesitan ciertas medidas para reducir su exceso a BUE. Trozos o fragmentos pequeños de materiales rompen durante el mecanizado y a menudo toman pequeñas partes de la arista haciendo que rocen mucho.

La mayoría de los mecanizados modernos deben trabajarse en condiciones de corte que

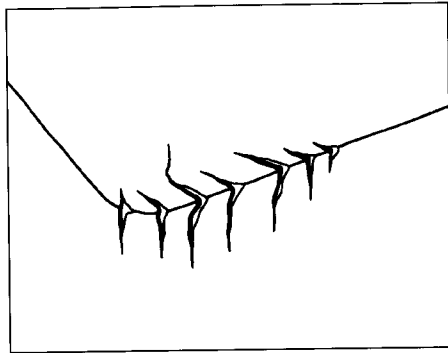
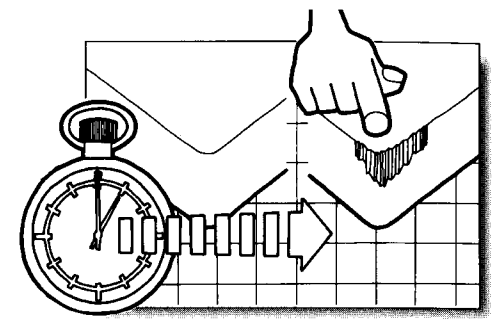


la posibilidad de formación del BUE sea muy pequeña. La velocidad de corte debe considerarse como la primera medida si ocurre el BUE. Una geometría más positiva debe tenerse en cuenta ya que la geometría negativa va a ayudar a que se forme el filo de aportación. También se debe considerar cambiar la calidad de la herramienta por otra menos propensa a la reacción con el material de la pieza y con una menor fricción que siempre ayuda, especialmente en operaciones de acabado.

• **fisuras térmicas.** Este es el desgaste por calor en donde se produce la fatiga debido a las variaciones térmicas durante el mecanizado. El proceso más propenso a este tipo de desgaste es el fresado. Las fisuras resultantes son normalmente perpendiculares, pero en algunos casos también paralelas a la arista de corte. La arista de corte es frágil cuando aparecen estas fisuras y el material de la herramienta puede romperse entre dos fisuras llegando a producir la rápida destrucción de todo el filo de corte. En torneado grandes variaciones en el espesor de la viruta durante el mecanizado puede dar lugar a formaciones de fisuras térmicas. En torneado en acabado, cuando se comienza a formar fisuras comienza a producirse un mal acabado superficial.



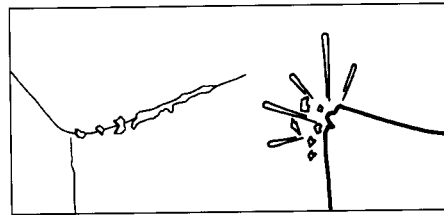
# Desgaste de la herramienta



Una aplicación incorrecta, insuficiente e incluso el trabajar con refrigerante es a menudo causa de fisuras térmicas. El mejor resultado en fresado lo obtendremos cuando trabajamos sin refrigerante e incluso en torneado el resultado no va a depender en muchos casos de la utilización de refrigerante cuando utilizamos plaquitas modernas. En el caso de taladrado o mandrinado nos vamos a valer del refrigerante como ayuda a la evacuación de la viruta de los agujeros mecanizados. Una elección de una calidad más tenaz por debajo de la tabla puede ser una buena solución de este tipo de desgaste y así mejorar los resultados.

- **astillamiento.** cuando se saltan partículas pequeñas de la arista de corte, la arista de corte queda dañada. En lugar de producirse un desgaste de la arista de corte esta se rompe prematuramente. Esto está relacionado con la fatiga debido a que la arista de corte no es lo suficientemente fuerte para la ope-

ración a realizar. A menudo cortes intermitentes son los que producen estos problemas debido a ciclos de presiones variables. La calidad de la plaquita o la geometría de la misma es demasiado frágil y necesita mayor tenacidad.

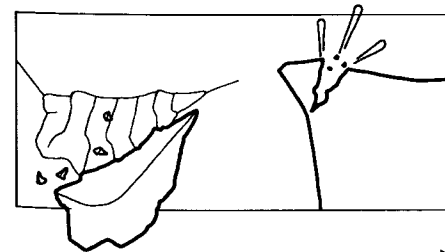


En algunas operaciones, puede ser debido al material de la pieza, si es aleado o tiene gran resistencia o tiene gran cantidad de partículas duras y la operación es de acabado y se debe realizar con un grado de acabado y una geometría adecuada para acabado. El astillamiento se puede reducir también con una combinación de calidad de acabado, con una gran capacidad de resistencia al desgaste, con una geometría de desbaste, teniendo un reforzamiento de la arista de corte. En algunos casos, cambiando a una placa más tenaz, reducirá el astillamiento.

Otra solución para resolver los problemas por astillamiento es el aumentar la velocidad de corte. Una geometría más positiva puede ayudar así como un avance más pequeño al inicio del mecanizado. Pero muy importante sobre todo para evitar el astillamiento es tener la mayor estabilidad posible durante el mecanizado.

- **rotura de la arista.** Esta es una situación catastrófica en el mecanizado que nunca debe permitirse que ocurra. Se produce principalmente por una mala selección de la herramienta y/o de las condiciones de corte. Las consecuencias de una rotura de plaquita puede traer consecuencias como la rotura de la placa base del portaherramientas e incluso la rotura de éste y que la pieza la cual se está mecanizando quede dañada; así como la máquina puede ser perjudicada. La rotura de la arista de corte puede ser debido también al desgaste prematuro de la misma, la vida de la herramienta no ha sido correctamente predicha y causa del desgaste no ha sido observado antes de producirse la rotura.

Si la rotura de la arista ocurre, se deben reparar todos los aspectos de causa posibles, como condiciones de corte y la elección de la herramienta para esa operación concreta o si las condiciones de corte son excesivas para esa herramienta. Posiblemente, en operaciones de desbaste, una placa con corte sólo por una cara sea la solución más correcta, en lugar de la doble cara de corte, con el fin de asegurar la producción. La estabilidad tanto de máquinas, sujeción de la pieza y la misma deben ser controlados.

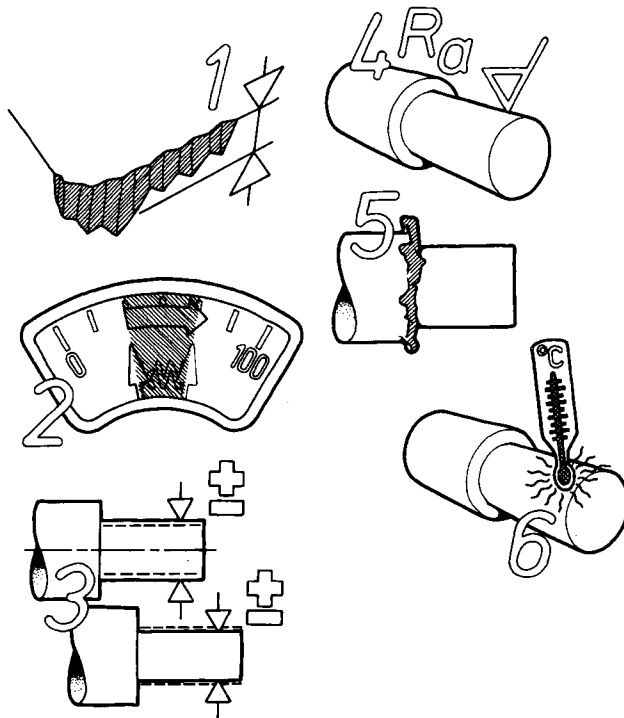


# Desgaste de la herramienta

## Indicadores del desgaste de la herramienta

¿Cuáles son las señales que van a indicar que una arista de corte comienza a estropearse de una forma o de otra? Una inspección con una lupa de una manera regular es un buen procedimiento para poder estudiar el desa-

rrollo y tipo de desgaste generado, siendo un modo sistemático que aportará las bases para cambiar uno o varios parámetros para esa operación.



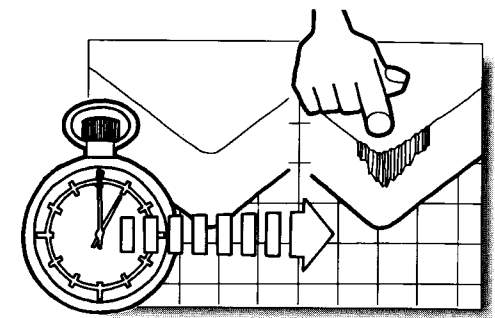
1. El desgaste en la cara de incidencia debe ser medido en relación con el tiempo que el filo de corte ha estado mecanizando y ha llegado a un valor máximo de desgaste establecido.

2. Otro indicador es el aumento de la potencia necesaria para cortar de una operación a otra. Una ojeada a la escala graduada del indicador de potencia en Kw, necesaria a medida que las piezas son mecanizadas, van a indicar el aumento de esfuerzo debido a los cambios producidos en el filo de corte.

3,4. En operaciones de acabado, donde hay límites en los valores, por ejemplo de acabado superficial, un filo de corte estropeado rápidamente va a producir un mal acabado superficial o dimensiones de pieza fuera de tolerancias. La mayoría de los tipos diferentes de desgaste dan problemas en estas áreas.

5. Formación de rebabas, especialmente en el mecanizado de aceros inoxidable, es también una señal que indica que el filo de corte ya no está en buenas condiciones para realizar un corte limpio o incluso que su geometría ya no es tan positiva como era al principio. Un desgaste en incidencia excesivo, deformación plástica y filo de aportación (BUE) puede hacer que el filo de corte no esté en buenas condiciones para producir un corte limpio.

6. Un crecimiento excesivo de calor es también un indicador de que se ha producido

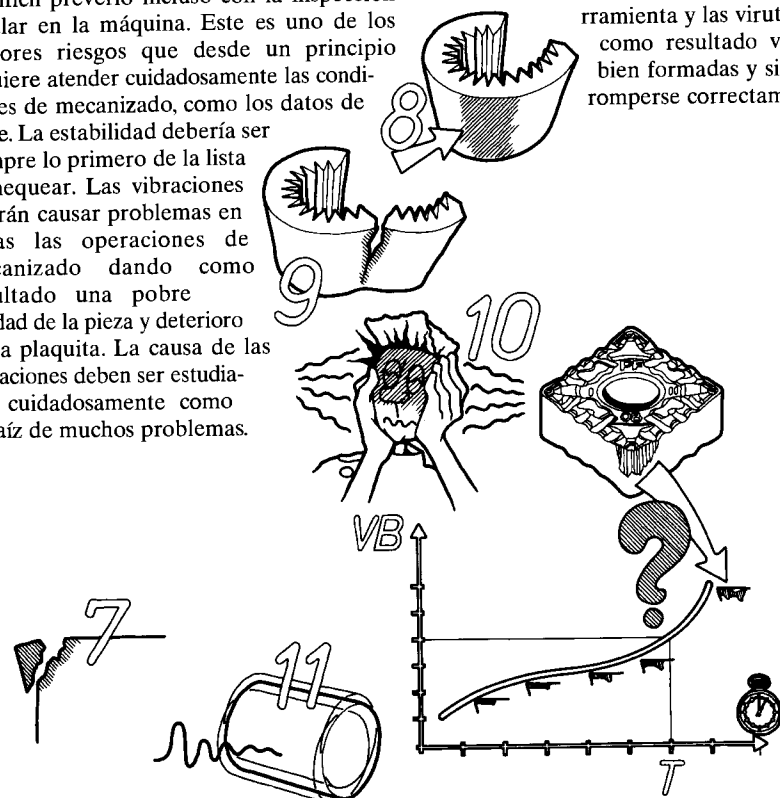


# Desgaste de la herramienta

un desgaste en el filo de corte y que no corta como debería. Un filo de corte deformado causa una mayor fricción, por lo que aumentará la temperatura durante el proceso de mecanizado.

**7. El astillamiento o rotura de la herramienta** es difícil preverlo incluso con la inspección regular en la máquina. Este es uno de los mayores riesgos que desde un principio requiere atender cuidadosamente las condiciones de mecanizado, como los datos de corte. La estabilidad debería ser siempre lo primero de la lista a chequear. Las vibraciones podrán causar problemas en todas las operaciones de mecanizado dando como resultado una pobre calidad de la pieza y deterioro de la plaquita. La causa de las vibraciones deben ser estudiadas cuidadosamente como la raíz de muchos problemas.

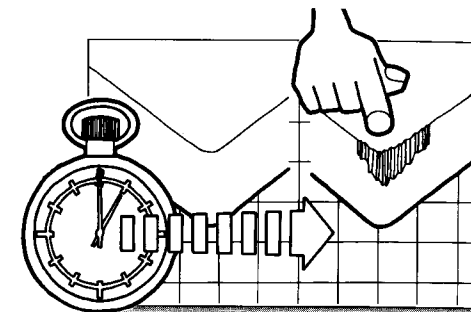
**8, 9. Marcas sobre las virutas y virutas mal formadas** son indicadores de que se empieza a producir un desgaste de la herramienta y que va a ir a más. Cambios en la geometría de la plaquita debido al desgaste de la herramienta va a producir un proceso inferior de formación de la viruta, con una mala distribución del calor entre la pieza, herramienta y las virutas, dando como resultado virutas no bien formadas y sin llegar a romperse correctamente.



**10. El ruido** va a indicar que el proceso de corte no se está desarrollado correctamente. A menudo, esto es por motivo de las vibraciones causadas por el desgaste y el inmediato cambio de geometría de la herramienta. El operario frecuentemente debe controlar estos sonidos que se producen durante el mecanizado como progreso del desgaste del filo de corte y de la vida de la herramienta y sacar consecuencias de lo que no es correcto en la operación.

**11. La tendencia a la vibración** en el proceso de mecanizado, frecuentemente es una señal de que el filo de corte está deformado, que da por resultado marcas de vibraciones sobre la pieza mecanizada, además del deterioro en el acabado superficial.

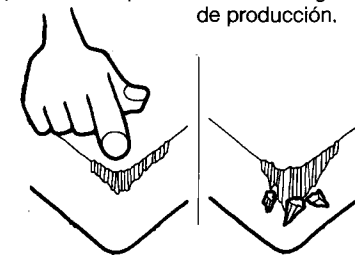
**12. La vida de la herramienta** está determinada por la capacidad de mantener la seguridad de producción así como los resultados previstos. Es importante una predicción de vida de la herramienta en el mecanizado en máquinas CNC con una supervisión limitada. La vida de la herramienta por arista de corte debe estar entre un mínimo y un máximo nivel de valor.



## Desgaste excesivo de la herramienta

Las consecuencias de un desgaste excesivo de la herramienta puede originar graves efectos como la rotura de la plaquita, la placa de apoyo o del porta-herramientas. Esto también puede producir el deterioro de la pieza y componentes de la máquina herramienta. Pero los peores resultados por no controlar el desarrollo del desgaste de la herramienta es la **pérdida de producción**. Las herramientas que se desgastan rápidamente, por una aplicación incorrecta, hará parar la máquina con mucha mayor frecuencia para el cambio de las plaquitas y en caso de roturas tendrá paros mayores por reparación de piezas dañadas de la máquina, obteniendo como consecuencia una menor producción de la deseada.

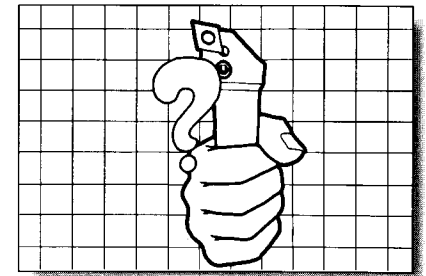
La aplicación correcta de la herramienta óptima proporciona un potencial de productividad y utilización de todos los recursos de que se dispongan y que pueden transformarse en resultados económicos positivos de cualquier operación. Valores altos de mecanizado pueden ser aplicados con alta seguridad de producción.



**SANDVIK**  
Coromant



# Selección de las herramientas para torneear

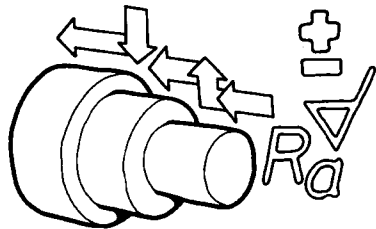


## Variables de selección

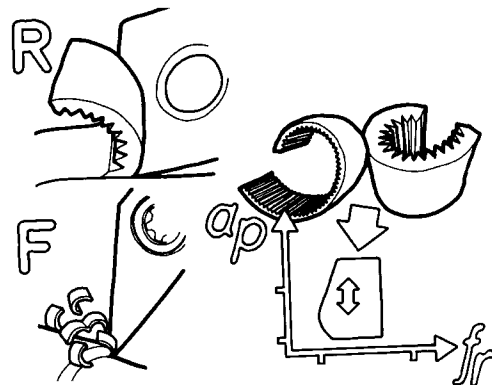
La selección y la aplicación de las herramientas de tornear puede llevarse a efecto mediante una serie de pasos lógicos basados en un número de factores relevantes que describen la pieza, la máquina herramienta y las operaciones concernientes. Equipado con un plano de la pieza, las especificaciones del material de la misma, la máquina herramienta así como la información necesaria de las herramientas de corte, puede seguirse una rutina de selección, aplicación y optimización del torneado.

Basándose en la máquina, la pieza y las herramientas, las principales variables en el torneado son:

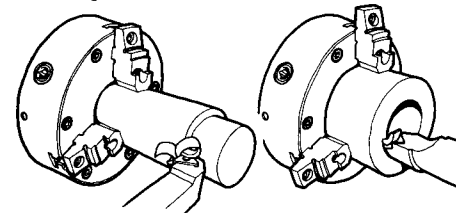
**1. Diseño de la pieza y sus limitaciones:** tolerancias y acabado superficial. Esto será determinante para el camino a seguir en el establecimiento de las herramientas en orden a conseguir las distintas operaciones a realizar. Las direcciones de avance, profundidades de corte, paradas, etc. han de ser planificadas con detalle ya que esto será necesario para seleccionar cada herramienta individualmente para su correspondiente aplicación.



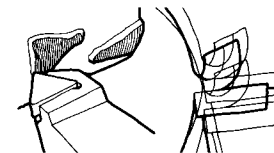
**2. Tipo de operación a realizar:** desbaste, semi acabado y acabado, roscado, ranurado, tronzado, etc. Esto afectará al tipo de herramienta a seleccionar y a los datos de corte necesarios. En torneado, también esto determinará el modelo de plaquita que se necesitará para cubrir las demandas del mecanizado.



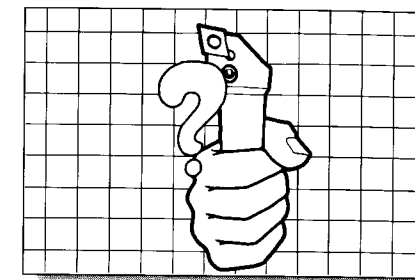
**3. Torneado exterior e interior:** cada una de estas operaciones requieren herramientas de tipo distinto, así como diferentes reglajes en la máquina. Las torretas de los tornos tienen un número limitado de posiciones de herramientas, muchas veces una misma herramienta realiza varias operaciones en la misma pieza y sobre todo si el número de estas supera al de posiciones de la torreta, lo que obliga a seleccionar una herramienta lo suficientemente versátil para tal cometido.



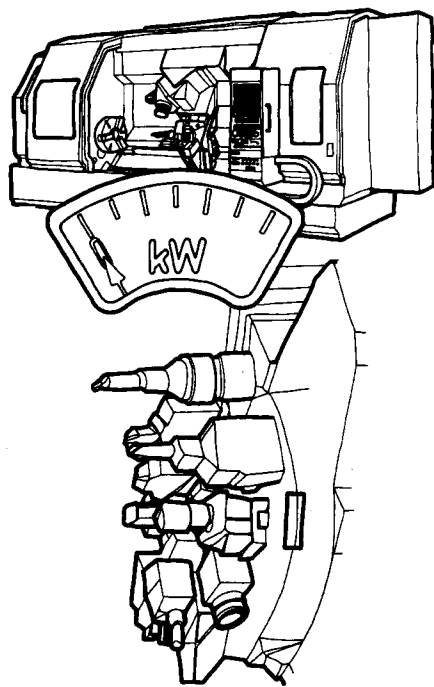
**4. Las condiciones de mecanizado y la estabilidad** son factores críticos para el resultado de cualquier operación de mecanizado en cuanto a la selección de las herramientas. Los cortes intermitentes establecen unas demandas, tanto para el filo de corte como para el sistema de amarre que debe tener el portaplaquitas y requieren una consideración especial en cuanto a la geometría de corte y la calidad de la plaquita. Si hubiera tendencia a las vibraciones, estas se evitarán seleccionando el tamaño de mango adecuado, el voladizo, amarre de la pieza y el propio amarre de la herramienta.



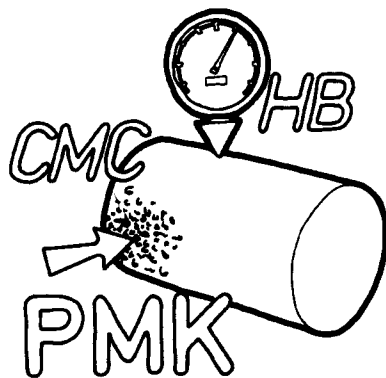
# Selección de las herramientas para torneear



**5. Las máquinas herramientas** varían considerablemente en diseño, tamaño, potencia y posibilidades operativas. Muchos tornos CNC tienen potencia y recursos limitados y solo pueden realizar ciertas operaciones de corte, eliminando la posibilidad del uso de ciertos tipos de herramientas. Deberán analizarse los planos de la torreta junto con su sistema de sujeción de herramientas para establecer el tamaño de las mismas así como el tipo y número que pueden ser empleadas.

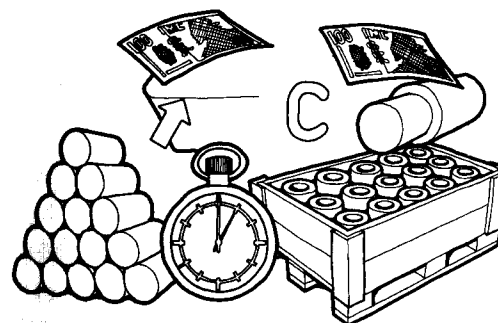


**6. Material de la pieza a trabajar:** el acero (P), el acero inoxidable (M) y la fundición (K), representan los principales grupos de materiales de viruta larga y viruta corta así y junto con los inoxidables forman la base para seleccionar los tipos de herramientas necesarios. El concepto CoroKey está basado en estos grupos, con las directrices necesarias para seleccionar las plaquitas correspondientes y los datos de corte junto con los factores de corrección en función de la dureza y de las condiciones de estabilidad en la máquina.

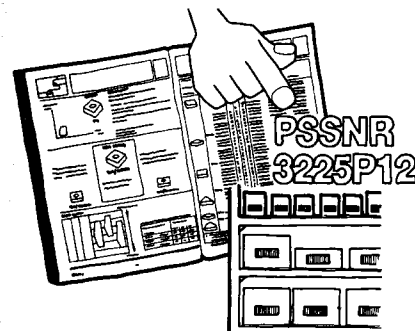


**7. Producción y economía** son aspectos que determinan las bases importantes para las herramientas. El costo por pieza es el factor dominante en la mayoría de los tipos de producción, junto con el costo del filo de corte representan un pequeño porcentaje del costo total de fabricación, el modo de fabricación, duración del filo, fiabilidad y la calidad son lo que más cuenta en la selección y en el trabajo de aplicación. El tamaño del lote a

fabricar y la frecuencia con que éste se repite también afectan al proceso de selección.



**8. Programa e inventario de herramientas** puede proveer o limitar el juego de herramientas necesarias así como sus aplicaciones. Especialmente el número de herramientas en existencia, que con el ánimo de mantener las mínimas posibles pueden afectar a la selección de las mismas. El suministrador de herramientas, tanto normalizadas como especiales, podrá apoyar con sus conocimientos técnicos la optimización de la operación.

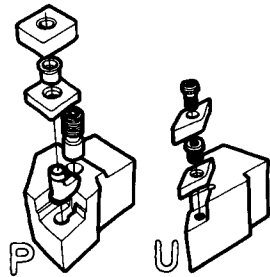


# Selección de las herramientas para torneado

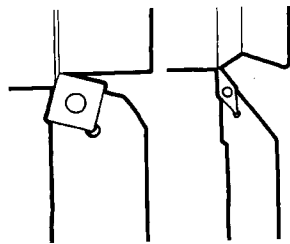
## Secuencia de selección

El proceso de selección y aplicación de la herramienta puede hacerse mediante la secuencia siguiente:

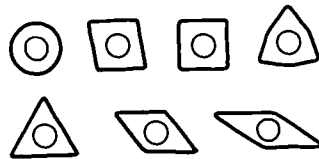
**1. Sistema de sujeción de la plaquita,** se refiere al modelo o tipo de portaplaquitas, P o U.



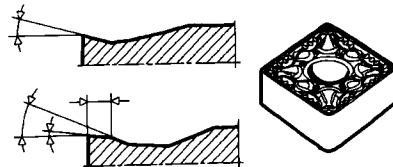
**2. Tipo y tamaño del portaplaquitas,** del sistema seleccionado y de acuerdo a las expectativas de la herramienta en la operación.



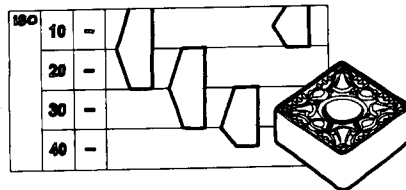
**3. Forma de la plaquita intercambiable,** de acuerdo al tipo de portaplaquitas y la trayectoria de la herramienta en la operación.



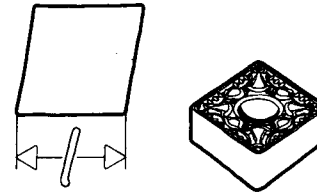
**4. Geometría de corte;** adaptado al tipo de operación y a los datos de corte planificados.



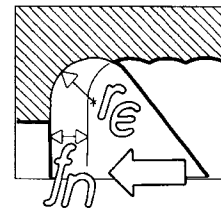
**5. Calidad de la plaquita,** el correcto material de la herramienta, en combinación con la geometría de corte, son imprescindibles para cubrir las demandas de la operación de corte.



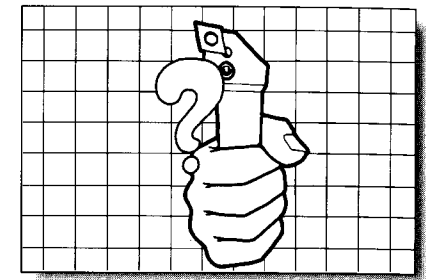
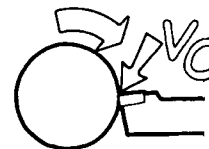
**6. Tamaño de la plaquita,** se tendrá en cuenta el que sea suficiente la longitud de arista de corte eficaz para la profundidad de corte en cuestión y que haya la suficiente seguridad de producción.



**7. El radio de la punta de la plaquita,** asegura la resistencia del filo en las operaciones de desbaste así como el estado de superficie en las operaciones de acabado.

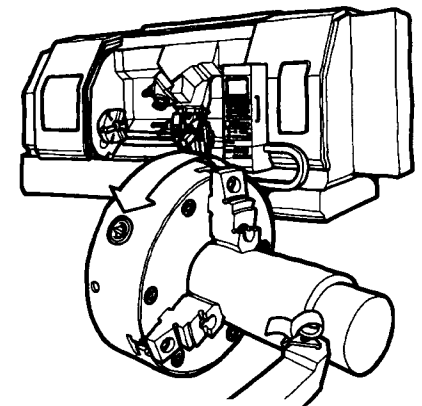


**8. Datos de corte,** para llevar a cabo una optimización se establecerán de manera individual la velocidad de corte, el avance y la profundidad de corte para cada una de las operaciones.



## Adaptación de la secuencia

Algunos de los puntos de selección mencionados como la secuencia sugerida, pueden ser cambiados de acuerdo con la situación real. Por ejemplo, el sistema de portaplaquitas está frecuentemente establecido así como el tamaño de la plaquita, pero es importante seguir un orden lógico de planificación sin perder la completa supervisión del proceso.



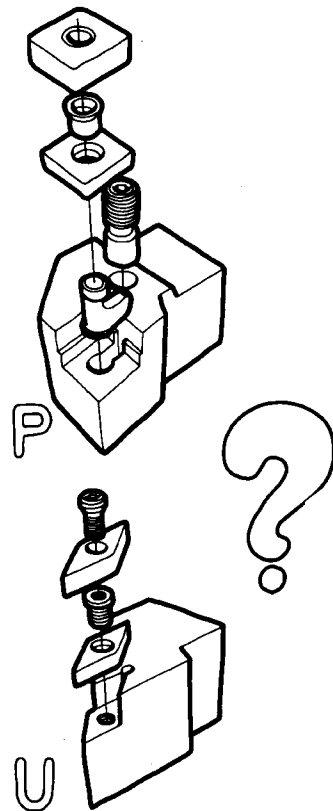
# Selección de las herramientas para torneado

## Etapas para determinar la herramienta correcta

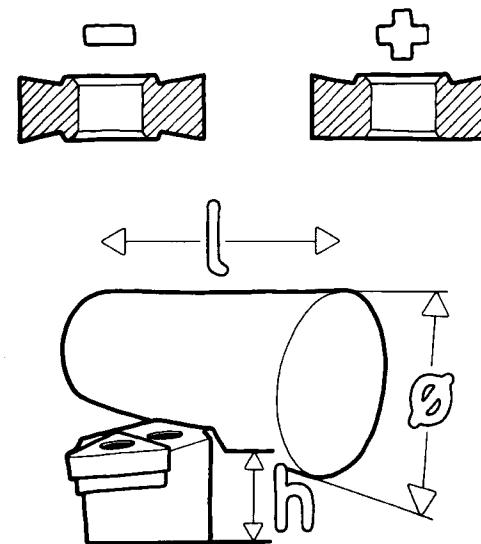
**1. Método de sujeción de la plaquita intercambiable** El sistema de portaplaquitas ha sido diseñado para garantizar el máximo rendimiento en diferentes tipos de operaciones. El principal método de mantener una plaquita sujeta de forma segura en un portaplaquitas es mediante el amarre con una palanca (P), la cual es accionada con un tornillo. La palanca tira de la plaquita, la cual tiene un agujero y una forma básica negativa, bascula dentro del asiento y con su movimiento hacia adelante libera la plaquita. Variantes de este método son los de cuña, brida cuña y tornillo en la parte superior.

El otro método también importante es mediante un tornillo (U) usado principalmente para plaquitas con una forma básica positiva. Este método está indicado para torneado exterior de piezas pequeñas, operaciones ligeras y operaciones de torneado interior.

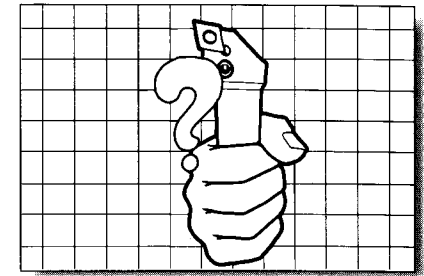
La selección del sistema de portaplaquitas está basado principalmente en el tipo de operación a realizar, la necesidad de que sea negativa o positiva la forma de la plaquita, la pieza y el tamaño de las herramientas así como las demandas operativas como datos de corte para desbaste, semi acabado y acabado.



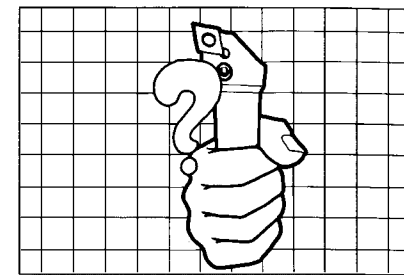
## Tipos de plaquita



Pieza y tamaño de herramienta



# Selección de las herramientas para torneado

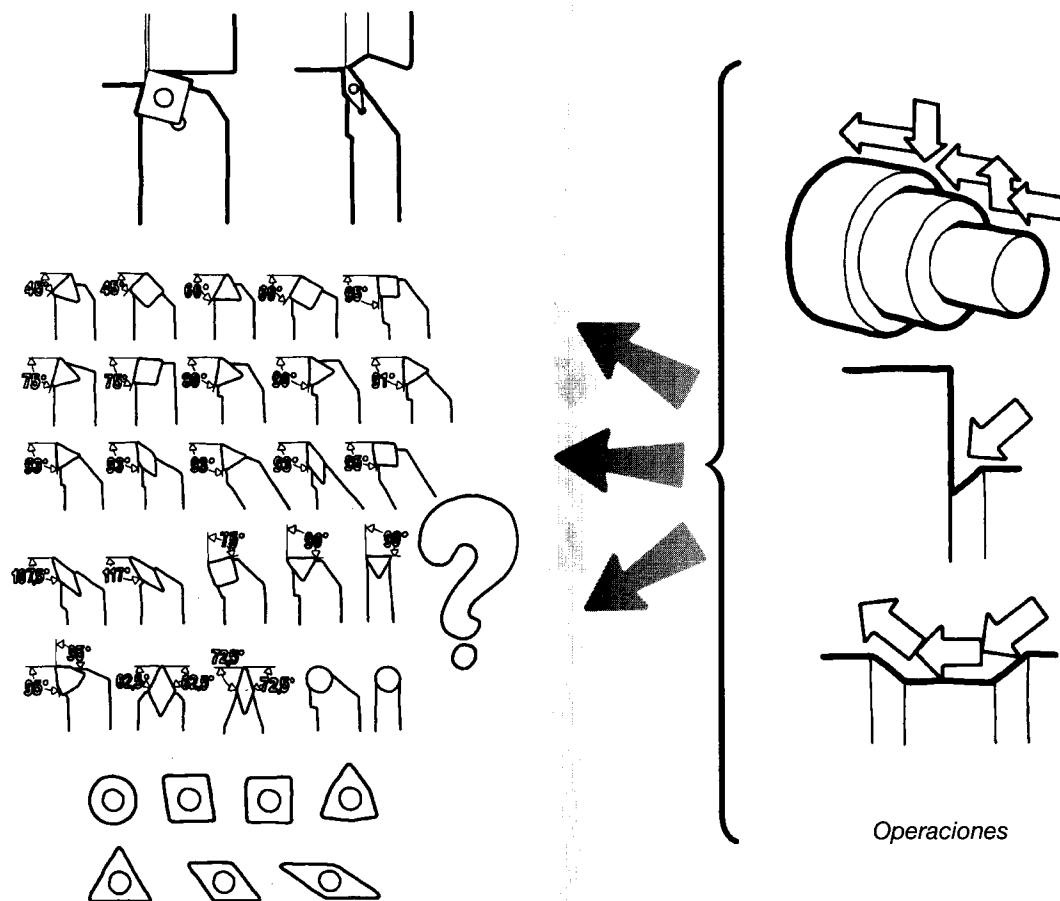


**2. y 3. Tipo y tamaño del portaplaquitas y forma de plaquita** Hay un gran número de diferentes tipos de portaplaquitas disponibles, que proporcionan diferentes ángulos de posición, versatilidad frente a la resistencia y posibilidades de formas de plaquitas. Las pasadas de corte necesarias serán establecidas, con los portaplaquitas, según las direcciones de los avances. Cilindrado, refrentado, copiado entrando y saliendo así como el copiado o perfilado completo, son los principales tipos de pasadas de corte. El ángulo de posición y el de punta de la plaquita definen la herramienta para torneado.

El portaplaquitas será elegido lo más grande posible con el fin de que garantice la máxima estabilidad, así como el mayor ángulo de punta factible para obtener también la máxima resistencia, garantizando naturalmente que tenga la versatilidad suficiente para que pueda trabajar en las diferentes direcciones de avance.

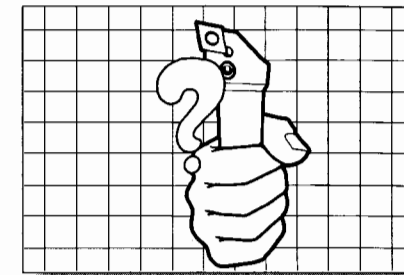
La selección del tipo de portaplaquitas y la forma de la plaquita está basado principalmente en el tipo de pasada de corte necesario, en la capacidad de la máquina, su potencia, en el tamaño de las herramientas y en el número de posiciones de la torreta. Se tendrán en cuenta también otros aspectos, como las condiciones de la máquina y la estabilidad del proceso.

Las herramientas existentes en almacén serán examinadas para su utilización teniendo siempre como objetivo al determinar nuevas herramientas la racionalización del inventario.



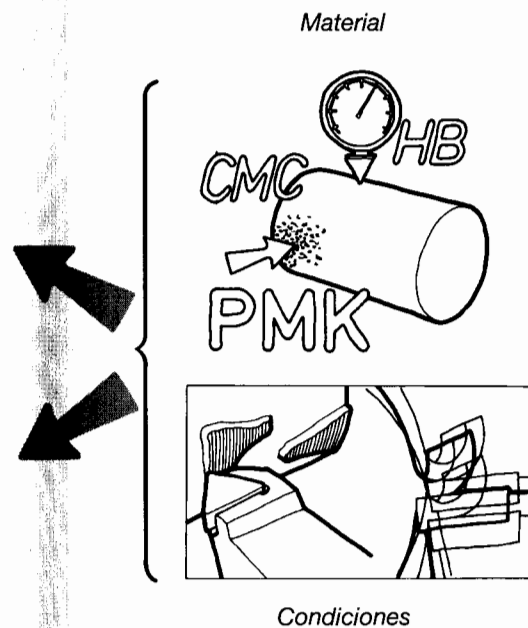
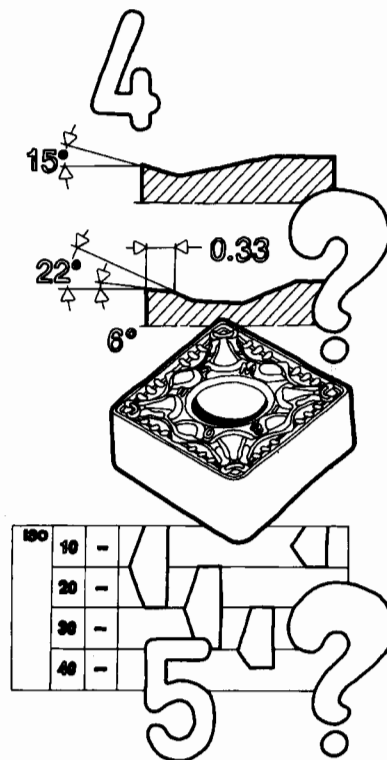
Operaciones

# Selección de las herramientas para torneado

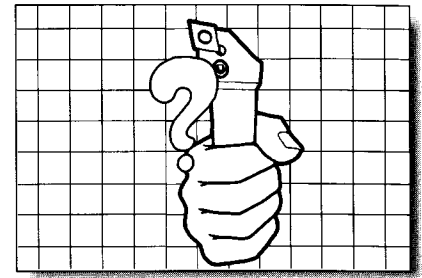


**4. y 5. Geometría de corte y calidad de metal duro** El tipo de geometría de corte así como el del material de la plaquita han sido desarrollados para proporcionar una plaquita intercambiable con la suficiente capacidad y fiabilidad necesarios para desarrollar diversas operaciones. El concepto CoroKey está basado en la aplicación de herramientas dedicadas al área de material del que se compone la pieza a realizar (P, M o K) así como al tipo de operación (acabado, medio o desbaste) y considerando las condiciones de la máquina (buenas, medias o difíciles) se toman las tres variables para la selección de la plaquita.

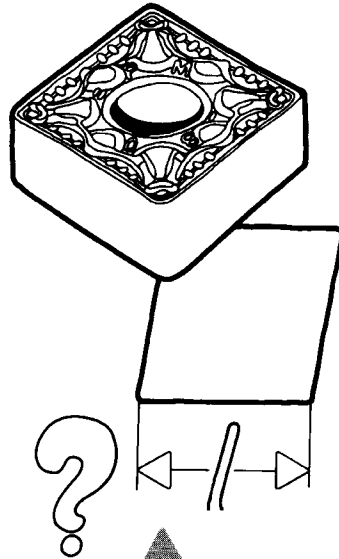
Consideraciones adicionales son si la plaquita es con forma negativa o positiva y si puede o no tener doble o simple cara. El estado de superficie, la precisión y las posibles rebabas en algunas de las operaciones de corte influyen directamente en la selección de la plaquita sobre todo en la geometría de corte. La duración predecible del filo y la seguridad son factores determinados por la correcta elección de la combinación geometría de corte calidad. También será tenido en cuenta la cuestión del inventario, como el número de posiciones de torreta de la máquina y su potencia. En muchos casos con la aplicación de modernas plaquitas resulta una frecuente reducción de las necesarias en inventario, ya que una plaquita con más capacidad realizará mayor número de operaciones en la mejor forma dentro de su área de aplicación.



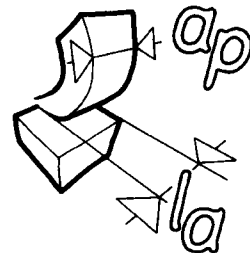
# Selección de las herramientas para tornear



**6. Tamaño de plaquita** El tamaño de la plaquita depende directamente del tamaño del portaherramientas. Si el tamaño del porta y el ángulo de posición han sido previamente establecidos correctamente, el tamaño de la plaquita ha quedado directamente determinado. Pero si el tamaño de la misma ha sido elegido por encima de la recomendada en la lista, y permite guiar hacia la elección del porta, entonces se establecerá la mayor profundidad de corte posible en función de la longitud de arista de la plaquita elegida. El ángulo de posición ayudará a determinar la arista efectiva de corte junto con el tamaño de la plaquita a utilizar. Los valores máximos recomendados indican la profundidad de corte máxima en relación al tamaño de la plaquita.



Las operaciones de desbaste, si intervienen especialmente cortes interrumpidos con tendencia a originar vibraciones, necesitarán también una especial consideración sobre todo al comienzo y al final de las pasadas de corte. Cuando se empieza la pasada se deberá tomar precaución para prevenir que no se produzca un inadecuado impacto de la pieza en una parte especialmente susceptible del filo de corte y que una presión inadecuada del filo al final de la pasada conduzca a la fractura de los bordes en la pieza. El mecanizado contra escuadras frecuentemente incrementa drásticamente las demandas sobre una plaquita ya que la profundidad de corte se suele incrementar también por encima de lo normal. La dimensión apropiada de la plaquita, un cambio de dirección o una reducción del avance son elementos a considerar para prevenir un excesivo aumento de las fuerzas de corte.



Factores que determinan la elección de la forma de la plaquita	R	90	80	80	60	55	35
Desbaste (resistencia)	●	●	●	○	○	○	○
Desbaste ligero/Semi acabado (Nº de filos)	○	○	●	●	●	●	●
Acabado (Nº de filos)	○	○	○	○	○	○	○
Cilindrado y refrentado (dirección de los avances)	○	○	○	○	○	○	○
Perfilado (Accesibilidad)	○	○	○	○	○	○	○
Versatilidad operativa	○	○	○	○	○	○	○
Potencia de máquina limitada	○	○	○	○	○	○	○
Tendencia a la vibración (reducción)	○	○	○	○	○	○	○
Dureza del material	●	●	○	○	○	○	○
Mecanizado intermitente	●	●	○	○	○	○	○
Ángulo de posición grande	○	○	○	○	○	○	○
Ángulo de posición pequeño	●	●	○	○	○	○	○

● El más adecuado ○ Adecuado

K <sub>r</sub>	a <sub>p</sub>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
75	1.5	2.1	3.1	4.1	5.2	6.2	7.3	8.3	9.3	11	16
60	1.2	2.3	3.5	4.7	5.8	7	8.2	9.3	11	12	18
45	1.4	2.9	4.3	5.7	7.1	8.5	10	12	13	15	22

# Selección de las herramientas para tornear

## 7. Radio de punta de la plaquita

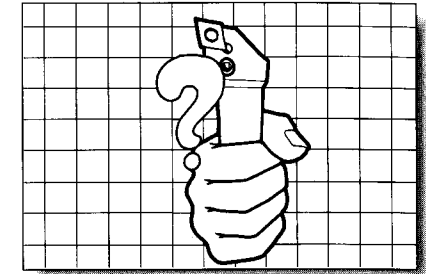
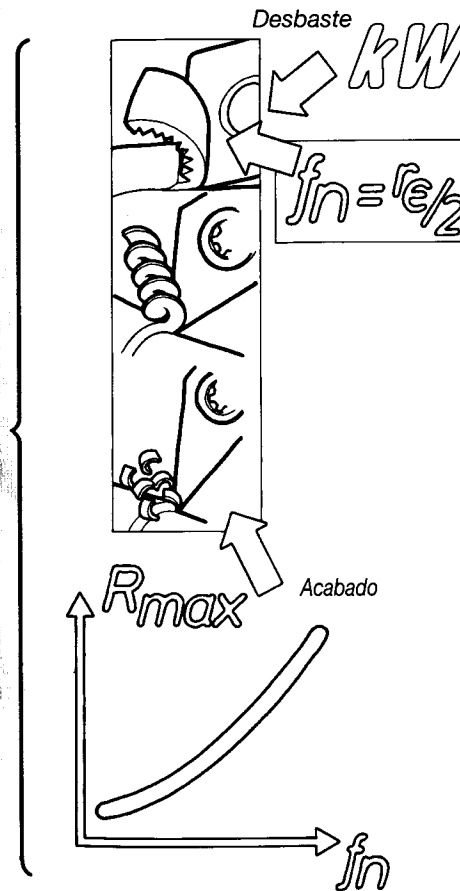
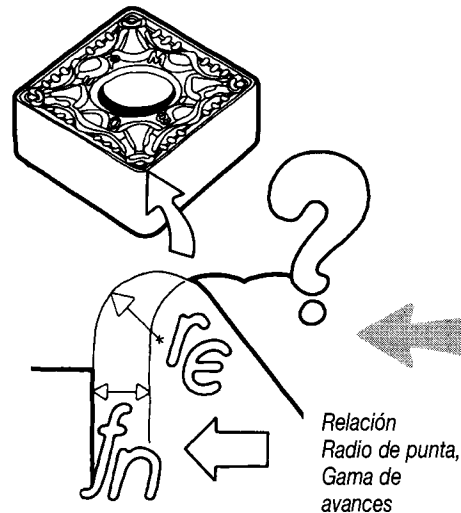
Una menor dimensión de la plaquita, y el radio de la punta juegan un papel clave cuando se trata de características como la resistencia del filo de corte en el desbaste y el estado superficial en las operaciones de acabado. Estos aspectos están directamente relacionados con la gama de avances y se tendrá en cuenta siempre esta combinación.

Un gran radio de la punta de la plaquita da una mayor resistencia al filo de corte pero también necesita más potencia y puede dar un incremento de la tendencia a las vibraciones.

El tipo de material de la pieza y las condiciones serán considerados para determinar el tamaño del radio de la plaquita. En las operaciones de torneado interior se suele requerir frecuentemente un radio de punta pequeño con el fin de minimizar la tendencia a las vibraciones debido al mayor voladizo de las barras portaplaquitas.

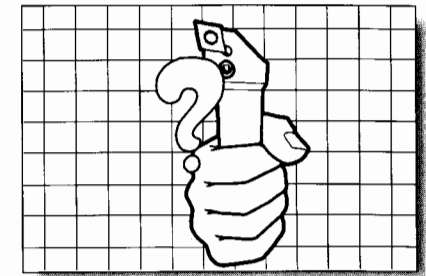
Para el desbaste, se elegirá siempre el mayor radio de punta posible para garantizar la seguridad de la producción. Un gran radio permite grandes gamas de avances y con ello conduce a una alta productividad. Generalmente, sin embargo, la gama de avances no excederá de la mitad del valor del radio de la punta de la plaquita.

Para las operaciones de acabado, la profundidad del perfil del estado superficial está directamente determinado por la combinación del avance y el radio de la punta mediante una simple fórmula.





# Selección de las herramientas para torneado



## 8. Datos de corte

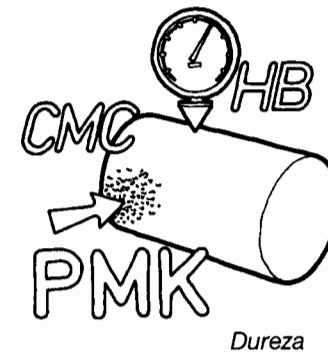
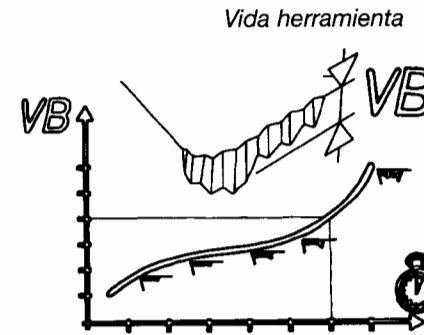
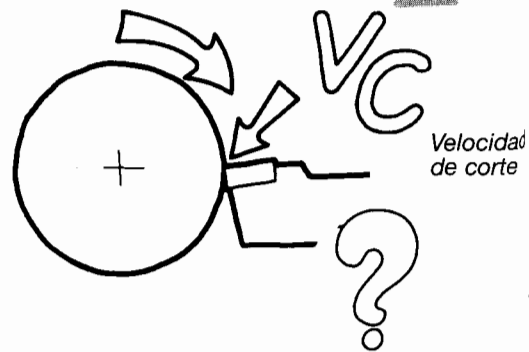
Finalmente, para la selección de las herramientas, será necesario la aplicación de unos datos de corte o elegidos o calculándolos. CoroKey proporciona valores para empezar optimizando rangos para plaquitas en varios grupos de materiales de piezas. Necesitan ser consideradas varias condiciones básicas para ser establecidos los datos de corte para diferentes operaciones. La duración del filo es afectada fuertemente por la profundidad de corte y sólo marginalmente por la gama de avances, mientras que es considerablemente afectada por la velocidad de corte.

La combinación de los datos de corte a establecer dependen directamente del tipo de operación a realizar. En desbaste, tanto la potencia de la máquina como la estabilidad y las condiciones serán factores limitadores.

En operaciones de acabado, la precisión dimensional, el estado superficial y el control de viruta son los parámetros que determinan básicamente la combinación de avance/radio de la punta y la velocidad de corte. La velocidad de corte es el principal factor de la productividad en el torneado en acabado seguido por la gama de avances.

Los puntos a considerar para establecer los datos de corte son:

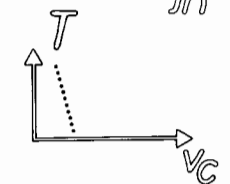
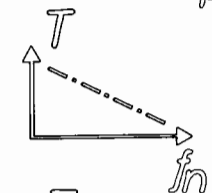
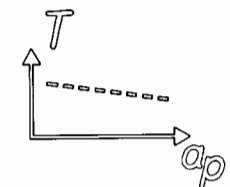
- duración del filo
- tipo de material de la pieza, condiciones y dureza
- calidad del material de la plaquita y geometría de corte
- máquina herramienta, capacidad como potencia disponible, velocidad del husillo y estabilidad
- generación de calor y tendencia a formar filo de aportación
- condiciones de mecanizado como la existencia de cortes intermitentes y vibraciones
- control de viruta y estado de superficie



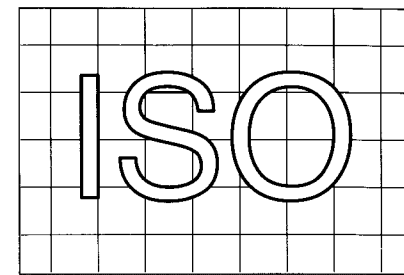
## Análisis de la productividad:

- consumo de potencia en operaciones de desbaste
- estado de superficie en operaciones de acabado

La productividad es optimizada mediante el uso de grandes profundidades de corte, altas gamas de avances con moderadas velocidades de corte. Si la potencia es un factor limitador, se deberá reducir la velocidad hasta situar la operación dentro de las posibilidades de la máquina. Los diagramas siguientes indican el efecto de los datos de corte en la duración del filo.

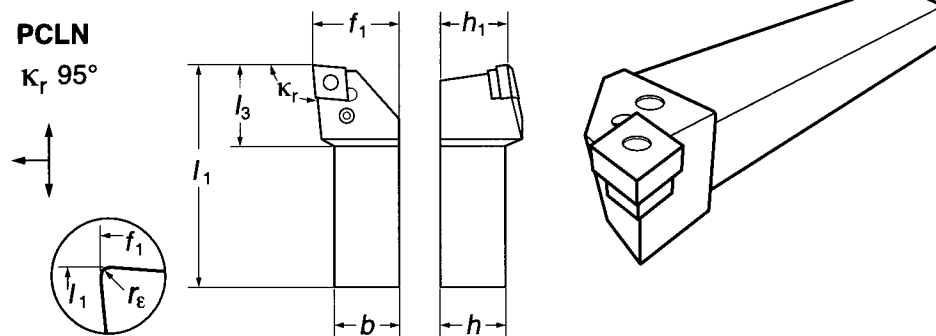


# Códigos de herramientas para torneear



P C L N L 32 25 P12

PCLN  
 $\kappa_r 95^\circ$



## Normas de identificación

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado un número de normas para la industria de corte del metal. Una de estas es para un común acercamiento a la identificación y facilitar así el intercambio de las herramientas y las plaquitas. Mediante la especificación de las características descriptivas más importantes de una herramienta a través de un código el cual es usado comúnmente por los suministradores de éstas, pudiéndose alcanzar así un grado de normalización, beneficiando al usuario.

Sobre el estuche en el que se suministra la herramienta, y sobre la misma, se incluye un

código descriptivo compuesto de doce números y letras. Estos estarán con arreglo a un orden específico y variantes limitadas que informan al usuario de la mayoría de lo que éste necesita conocer sobre la herramienta. La clave de códigos varía para los portas y para las plaquitas intercambiables. La información se encuentra en los catálogos y en la guía de selección de herramientas CoroKey, permitiendo una supervisión de los rangos de herramientas y la mayoría de la información necesitada para seleccionar y aplicar las herramientas.

Sobre los estuches de las herramientas se encuentran los mismos códigos formando las

combinaciones de manera ordenada. La familiarización con los códigos ISO es un importante y necesario apartado que es capaz de comunicarse dentro del mundo del mecanizado y lograr la mejor herramienta y los mejores resultados. El ejemplo siguiente se refiere a un típico portaplaquitas y plaquita intercambiable.

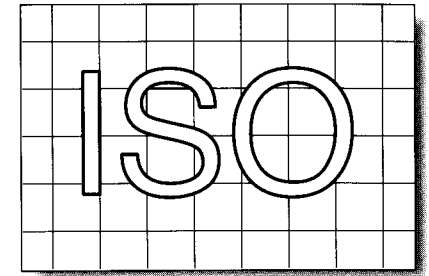
La denominación del porta es PCLNL 3225 P12.

*¿Qué nos dice este código sobre la herramienta en el catálogo y dentro del estuche de la misma?*

El portaplaquitas se encuentra dentro de la gama de portas T-Max P en la guía de selección CoroKey que contiene los portas para el torneado exterior. Un dibujo del portaplaquitas muestra el estilo y la mayoría de las dimensiones y la lista específica del código de pedido y un listado de valores para las dimensiones de todos los rangos de los diferentes tamaños de portaplaquitas. Aquí también se encuentra disponible las direcciones del avance y el ángulo de posición de la herramienta, ambos con la aplicación crítica.

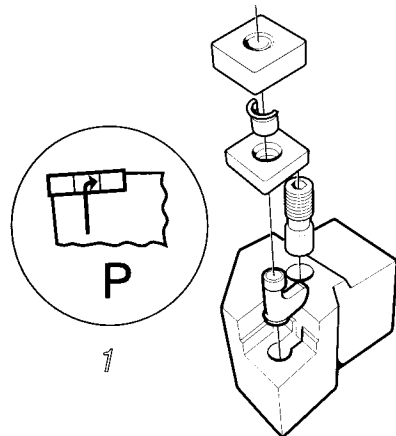


# Códigos de herramientas para torneado



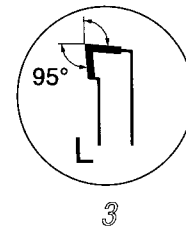
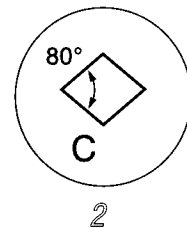
## Explicación del código ISO para portaplaquitas

**1. P** es la primera parte del código para el portaplaquitas. Hay varios métodos diferentes de sujetar la plaquita sobre el porta. Esta primera letra representa el método mediante el cual se amarra la plaquita. Hay amarre o sujeción superior (C), superior y por el agujero (M), sujeción por el agujero (P) y sujeción con tornillo (S). El código muestra que es una sujeción por el agujero de la plaquita, en este caso con palanca como en el sistema de portaplaquitas T-Max P. Si la dotación de herramientas utilizada forma parte de un sistema modular, el tipo y el tamaño se indicarán antes de esta primera letra.



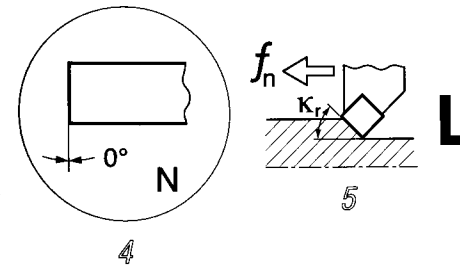
**2. y 3.** Lo siguiente indica la forma de la plaquita y el ángulo de posición del portaplaquitas. Hay disponibles ocho formas de plaquitas. En este caso la letra **C** indica 80 grados en la punta de la plaquita. Las formas de plaquita varían desde 35 grados de ángulo de punta para una gran capacidad de perfilar, a cuadrada y redonda para lograr la máxima resistencia del filo. La plaquita con 80 grados tiene un buen y universal filo con posibilidades de avances de torneado en dos direcciones, así como también la gran resistencia de su arista de corte.

La siguiente letra **L**, en la tercera posición del código, indica que el portaplaquitas tiene 95 grados de ángulo de posición. Hay dieciocho estilos diferentes de portaplaquitas que cubren los ángulos de posición desde 45 a 117 grados. Son indicadas las direcciones de avances.



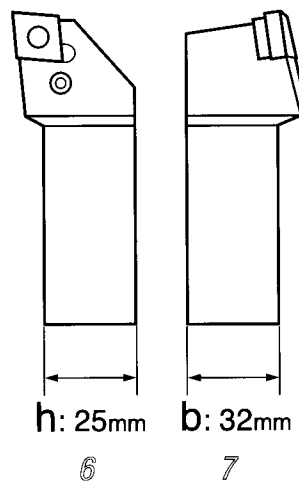
**4 y 5.** La sección transversal básica de la plaquita también determina la forma del ángulo de incidencia de la misma. Una forma básica negativa, como la indicada con la letra **N**, significa que la plaquita no tiene ángulo de incidencia y por tanto la plaquita debe ser inclinada 6 grados en el portaplaquitas con el fin de conseguir este. El sistema T-Max P utiliza sólo plaquitas con forma negativa.

Hay portaplaquitas del sentido de mano tipo a derecha, izquierda y neutros determinados por la dirección del avance. Normalmente, los de sentido a derecha son los más usados sin embargo ahora la mayoría de las torretas de los tornos CNC y las correspondientes posiciones de herramientas usan las de sentido a izquierda en relación a la operación que han de realizar. En este caso se indica dicho sentido con la letra **L**.

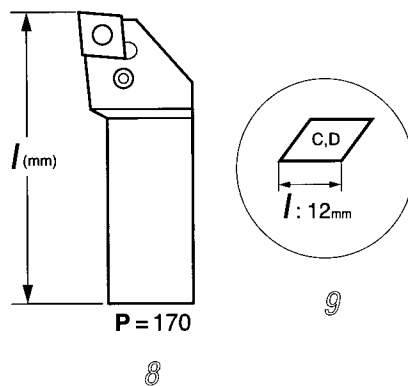


# Códigos de herramientas para torneado

6 y 7. El tamaño de los portaplaquitas está determinado por las dimensiones del mango. La sección transversal del mismo está compuesta de la altura (**h**) y por la anchura (**b**) y está indicada en el código de herramienta. En este caso se muestra un tamaño de **32** por **25 mm**. Estas dimensiones corresponden a las posiciones de herramienta de la torreta y a la mayoría de portaherramientas que se montan en las máquinas. Alternativamente, se puede indicar la dimensión *f* desde el pico de la plaquita al centro del mango de un portaherramientas modular.

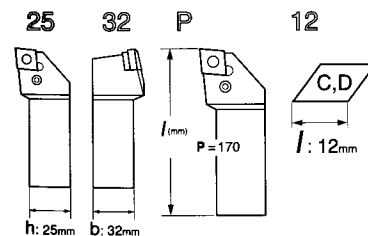
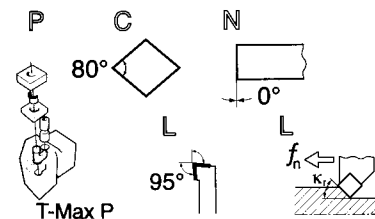


8 y 9. La longitud del portaplaquitas está indicado por una letra en el código (**P**) representando dicha letra intervalos de longitudes en mm, medidas desde el pico de la plaquita hasta la parte posterior del portaplaquitas. En la alternativa modular, está indicada la longitud *l* desde la punta de la plaquita hasta la cara de contacto del acoplamiento. Algunas de las longitudes indicadas son suministradas como normalizadas.

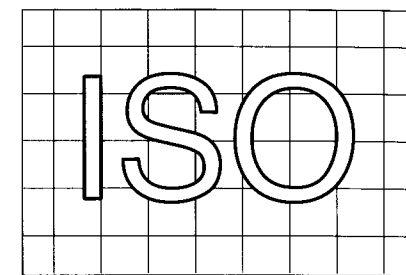


La longitud de la arista o filo (**l**) está en relación al tamaño de la plaquita y la forma que el porta tenga. Esto determina la profundidad de corte posible con el portaplaquitas. La longitud del filo está indicada en mm, en este caso son **12 mm** de longitud los que tiene disponibles un filo de una plaquita de 80 grados.

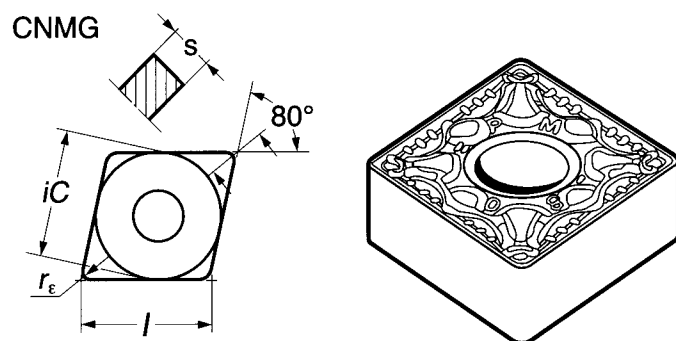
PCLNL3225P12



# Códigos de herramientas para torneado



C N M G 12 04 12 - P M

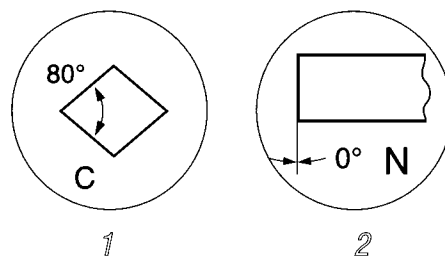


## Explicación de ISO para plaquitas

Lo que sigue es la descripción de plaquitas intercambiables. En este caso, se refiere a una plaquita que hace juego con el portaplaquitas descrito. Un código similar proporciona una información útil sobre la plaquita. Esta es una plaquita CNMG 120412-PM, también corresponde al sistema T-Max P y está representada mediante un dibujo y una serie de dimensiones además de una lista de códigos en la guía de selección CoroKey con una larga gama de calidades de metal duro, para poder aplicar con la más adecuada a la operación.

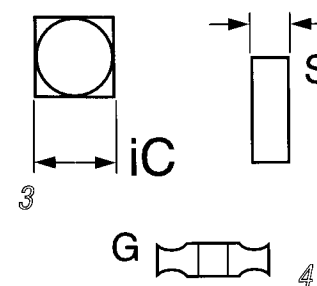
1 y 2. Igual que el portaplaquitas, la forma de la plaquita ha quedado definida en el código de pedido para plaquitas intercambiables. Los 80 grados de ésta quedan representados con la letra C.

La sección transversal de la plaquita es esencial e influye directamente en la descripción del portaplaquitas. Una plaquita con forma básica negativa con cero grados de incidencia, no se puede montar sobre el alojamiento previsto para una plaquita positiva y viceversa. La figura con letra N representa una plaquita negativa.



3 y 4. La precisión de las plaquitas intercambiables está indicada por el siguiente carácter en el código. Varias letras indican la tolerancia en el espesor de la plaquita (s) y para el círculo inscrito (iC) o la anchura. Dependiendo del tamaño de la plaquita, la letra indica cual es la clase de tolerancia y del mismo modo el tamaño de ella. En este caso, con una plaquita de 12 mm y una clase de tolerancia M, el valor de la misma es de más/menos 0,08 mm sobre el círculo inscrito y de 0,13 mm en el espesor de la plaquita de 80 grados en cuestión.

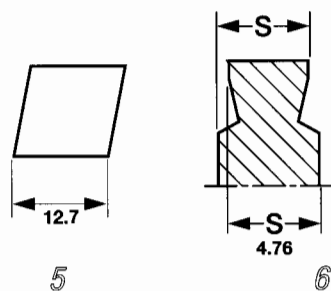
El tipo de plaquita está representado por el carácter que se menciona a continuación. Hay también siete tipos diferentes para la designación de las plaquitas especiales. Principalmente, las diferencias varían entre simple o doble cara, plana o con la geometría de corte prensada con rompevirutas y con o sin agujero central para el amarre. En el caso actual la letra G representa una plaquita con doble cara y geometría de corte con rompevirutas.



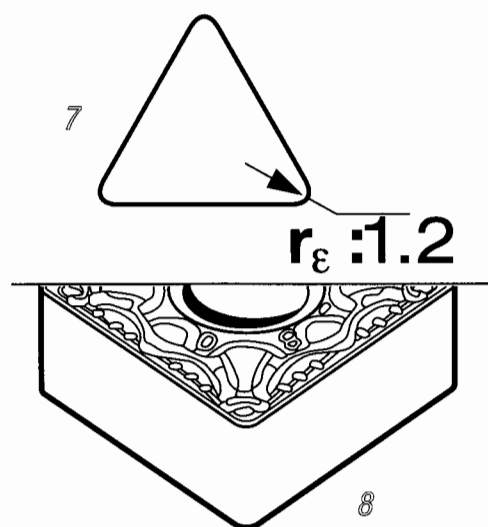
# Códigos de herramientas para torneado

**5 y 6.** El tamaño de la plaquita determina la longitud de arista disponible que ésta tiene. Esto también está relacionado con su forma y con su círculo inscrito. En este caso se trata de una plaquita de 80 grados con una longitud de arista de **12 mm** con un círculo inscrito de 12,7 mm.

El próximo carácter representa el espesor (s) de la plaquita. Uno de los doce caracteres da el espesor aproximado mediante el código. El **04** en este caso representa un espesor de 4,76 mm.



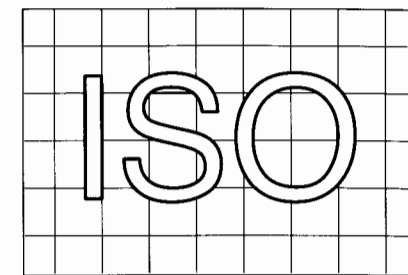
**7 y 8.** La punta de la plaquita ha sido redondeada con una selección variable de radios. Una plaquita puede estar disponible en varios radios de redondeado de punta eligiéndose el más adecuado para conseguir resistencia en el caso de desbaste o buen estado superficial en el caso de operaciones de acabado. En este caso, ha sido elegido un gran radio de la gama de cuatro indicados en CoroKey, entre 0,4 y 16. La notación **04** representa 0,4 mm de radio y 16 a 1,6 mm. Para la plaquita en cuestión **12** representa 1,2 mm de radio.



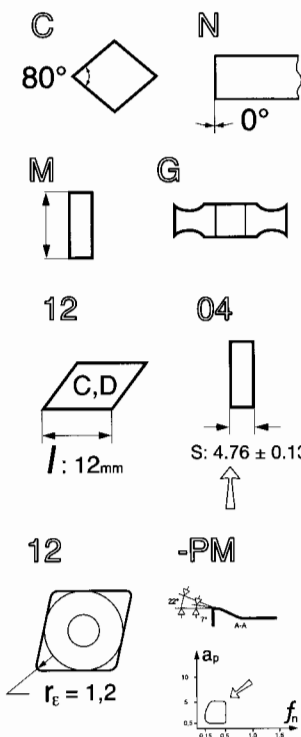
Los caracteres finales del código son la opción para el suministrador de la herramienta y con ellos se describe el tipo de geometría de corte. La guía de selección CoroKey ofrece tres geometrías como primera elección para cada uno de los grupos de materiales P, M y K. Para el presente caso, se ha indicado una geometría de corte **PM**, desarrollada especialmente para mecanizado de tipo medio en el grupo de los aceros comunes (P). Es una geometría de corte positiva y versátil con un rompevirutas muy universal, en una plaquita de forma negativa. El rompevirutas cubre operaciones que van desde el semi-acabado a desbaste ligero con un intervalo de avances de 0,15 a 0,5 mm/rev y profundidad de pasada de 0,5 a 5,5 mm.

Otros caracteres alternativos pueden representar el estado del filo como reforzamiento del mismo mediante una faceta, chaflanes, agudeza, etc. Por ejemplo, una **T** representa una plaquita con una faceta primaria negativa en el filo de corte. La faceta o chaflán indicado es de aprox. (0,10 mm), con un ángulo de (20 grados). Estas descripciones son valores especiales para plaquitas de metal duro planas o en plaquitas de cerámica.

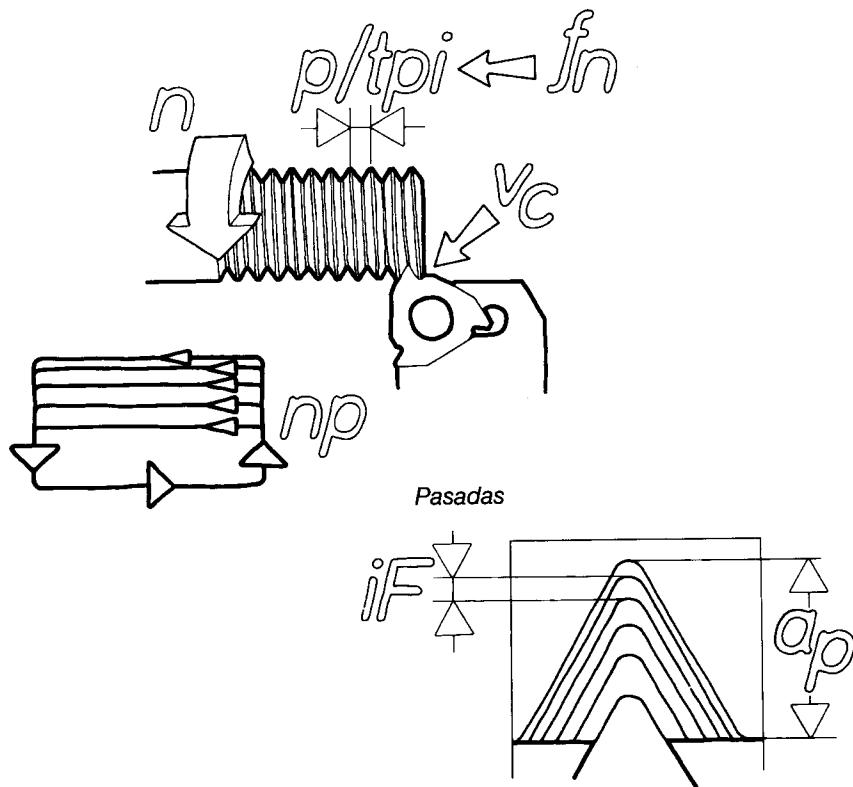
La selección de herramientas para el mecanizado requiere un conocimiento del lenguaje de los códigos ISO y la manera en que son definidas las herramientas con este sistema. También un portaherramientas con la plaquita adecuada requiere que los códigos sean examinados y comparados para verificar que la plaquita se puede montar correctamente y desarrollará el trabajo correspondiente.



C N M G 1 2 0 4 1 2 - P M



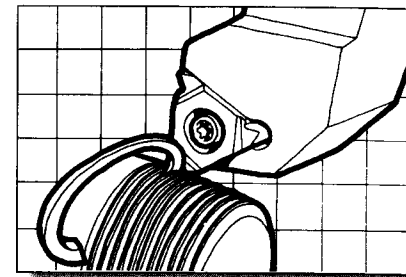
# Torneado de roscas



## Plaquitas para roscar

Los tornillos roscados son elementos esenciales en muchos componentes. Sobre pequeños diámetros, las roscas se realizan con machos y terrajas, mientras que en los grandes, se realizan mediante torneado e incluso fresado.

El roscado de varios diámetros son operaciones que se realizan generalmente en tornos CNC y centros de mecanizado y se obtienen con una alta y segura productividad gracias al uso de plaquitas intercambiables

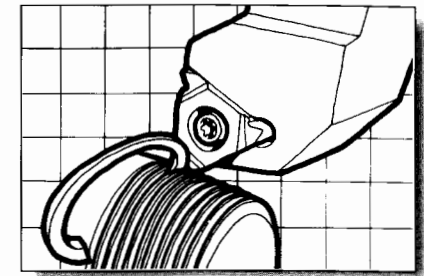


para roscar. Estas plaquitas están disponibles con el filo en forma de la rosca que se pretenda realizar, por ejemplo, Métrica, UN, Whitworth, etc.

Los intervalos de avance ( $f_n$ ) de la máquina es el factor clave para el torneado de roscas ya que debe coincidir con el paso de las mismas ( $p/tpi$ ). Esto significa poder realizar una amplia gama de roscas con las modernas plaquitas con la posibilidad de emplear altas velocidades de corte. La coordinación entre el paso de rosca a realizar y el avance correspondiente está indicado dentro de las subrutinas de programación de las máquinas CNC.

El torneado de roscas con plaquitas intercambiables se realiza de varias pasadas de corte a lo largo de toda la pieza con lo que se obtiene el tornillo. Mediante la división de la profundidad total de la rosca en pequeñas pasadas, el sensible, pico del perfil de rosca del filo de corte no se sobrecarga. Si se toman una profundidad típica de pasada de 0,15 mm ( $iF$ ), la profundidad total de corte ( $ap$ ), y la profundidad total del perfil de la rosca (0,94 mm), se realizará en 6 pasadas ( $np$ ), para una rosca métrica de 1,5 mm de paso. Los valores de carga recomendados para cada pasada decrecerán sucesivamente a medida que la plaquita empaña más con la profundidad alcanzada, generando poco a poco el perfil.

# Torneado de roscas



## Métodos de penetración

Hay tres métodos para la penetración de la herramienta en cada pasada. Todas al final llegan al mismo perfil pero el corte se realiza de manera diferente, con variaciones que influyen sobre: la formación de la viruta, el desgaste del filo y la calidad.

La penetración radial (1) es el método convencional, usado ampliamente, la herramienta avanza en un ángulo normal al eje de la pieza y la viruta se desprende con sección en forma de V sobre ambos lados del filo de corte. El desgaste se produce de manera uniforme sobre dichos lados del perfil y el método es más apropiado para roscas con

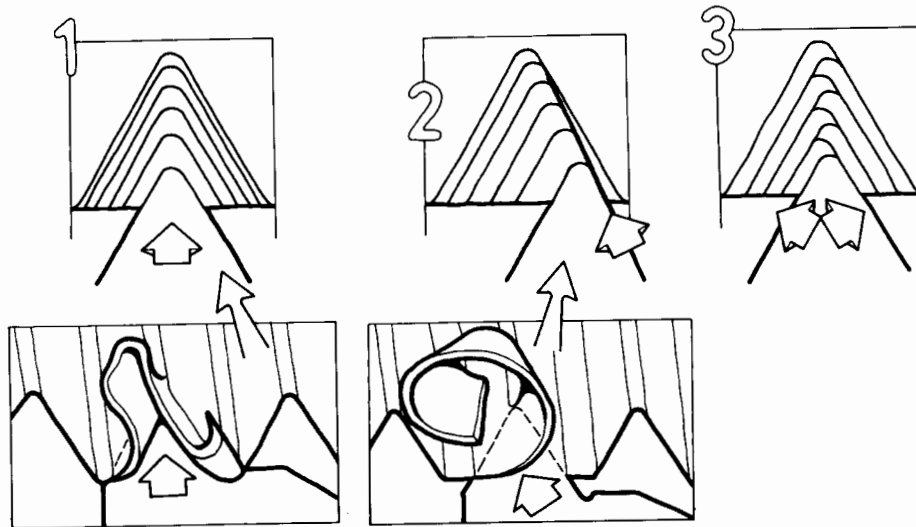
pasos finos y materiales que se auto-templan al trabajarlos.

La penetración de flanco modificado (2) es un método ventajoso para roscas modernas en tornos CNC, los cuales incluyen en sus controles esta programación en ciclos. La plaquita penetra en la dirección del ángulo del perfil menos un pequeño ángulo de incidencia detrás del pico de corte, como en el torneado ordinario, y debe establecerse según la dirección del avance de penetración. El control de viruta es mejor, el proceso es mucho más similar al torneado ordinario permitiendo el uso de geometrías de plaquitas

con rompevirutas como el tipo C. La cantidad de calor generado y soportado por el pico de la plaquita es menor y la seguridad en la producción es generalmente mayor con este método. La tendencia a la vibración, cuando aumenta el curso de la rosca y el contacto o empañe del filo aumenta, se puede reducir con este método de penetrado de flanco.

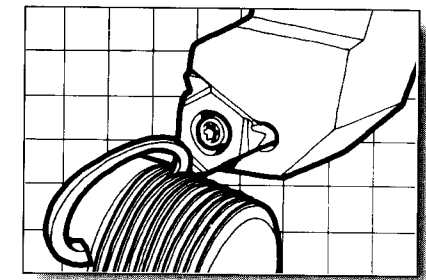
La penetración del tipo incremental (3) es el método usado principalmente para grandes perfiles. El filo de la plaquita penetra con incrementos de dirección variable a un lado y a otro dentro del perfil. Esto origina un desgaste de filo uniforme. Un lado del perfil de la rosca se mecaniza con varios incrementos, la herramienta se desplaza hacia el otro lado y mecaniza otra serie de incrementos y así hasta que se genera totalmente el perfil.

Una variante es el mecanizado previo en desbaste con una plaquita triangular ordinaria de torneado, en el caso de grandes perfiles de rosca, usando el portaplaquitas del tipo MTEN. Después se termina definitivamente con la plaquita de roscar adecuada.





# Torneado de roscas



## Tipos de plaquitas para roscar

Hay diferentes tipos de plaquitas para el torneado de roscas:

- **plaquitas con perfil completo (1)** mecanizan un perfil completo y correcto de la rosca, incluida la cresta, en donde **se requiere una plaquita individual para cada paso y perfil**. El diámetro exterior de la pieza no necesita ser exacto (el roscado permite dejar una sobremedida de 0,03 a 0,07 mm) y el rebabado del diámetro exterior después de roscar no necesita hacerse. En materiales blandos, la entrada de la rosca si que es necesario rebarbarla a veces.

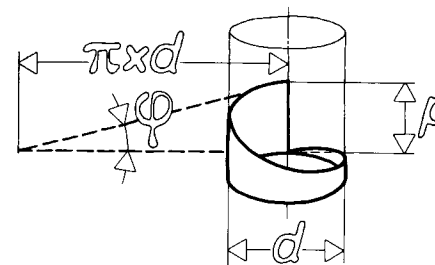
- **plaquitas con perfil parcial (2)**, pueden usarse para varios pasos siempre que el ángulo de rosca sea el mismo, ya que no toca en la cresta del perfil. Se necesita por ello que el diámetro previo esté correcto y el pico de la plaquita no esté optimizado con lo que no se obtiene una alta clase de la tolerancia de calidad.

- **plaquitas con multipunta (3)**, también mecanizan un correcto y completo perfil y necesitan menos pasadas de corte conduciendo a una mayor productividad y duración del filo que las de perfil completo. Sin embargo, se necesita un recorrido más largo que el de la rosca a realizar en la pieza, al tiempo que se necesita una mayor estabilidad de las condiciones de mecanizado y deben seguirse recomendaciones especiales de penetración.

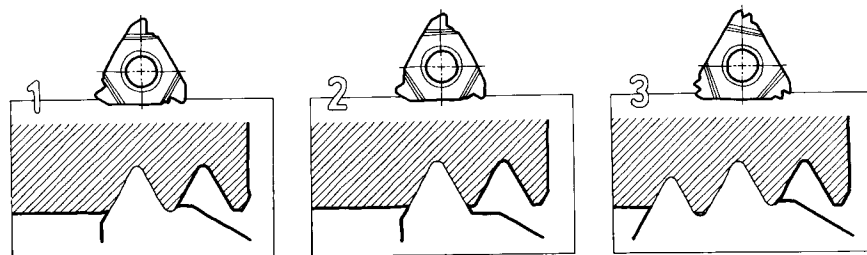
## Definición básica de la rosca

La forma geométrica de la rosca en un tornillo está basado en el diámetro (**d**) del mismo y el paso (**p**): que es la distancia de cresta a cresta del perfil o entre dos valles del mismo en el sentido axial de la pieza. Esto también se puede representar mediante un triángulo cuya base es la circunferencia de la propia pieza y la altura es el paso de la rosca. El ángulo del triángulo se le llama ángulo de hélice de la rosca en el tornillo. La hipotenusa forma la hélice que se enrolla alrededor

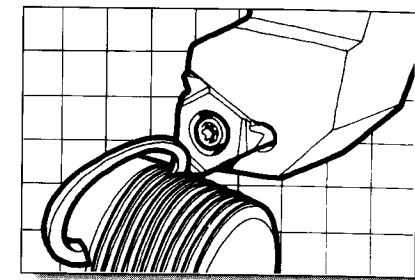
de la pieza y forma la rosca. La rosca quedará definida por la combinación del diámetro y paso ( $\phi$  : ángulo de la hélice). Por ejemplo M30 x 1,5 es una rosca del tipo Métrica con un diámetro de 30 mm y un paso de 1,5 mm.



Como en todo corte del metal, el ángulo de incidencia del filo es siempre vital. En el mecanizado de roscas la incidencia o desahogo por debajo de los flancos de la plaquita es esencial. Esto afecta al calor y al desarrollo del desgaste y subsecuentemente a la duración del filo, a la seguridad de producción y a la calidad de la rosca producida. En el roscado, como en el tornado ordinario, deben evitarse las pasadas de corte de poca profundidad en aquellos materiales que tienden a auto-templarse al ser trabajados.



# Torneado de roscas



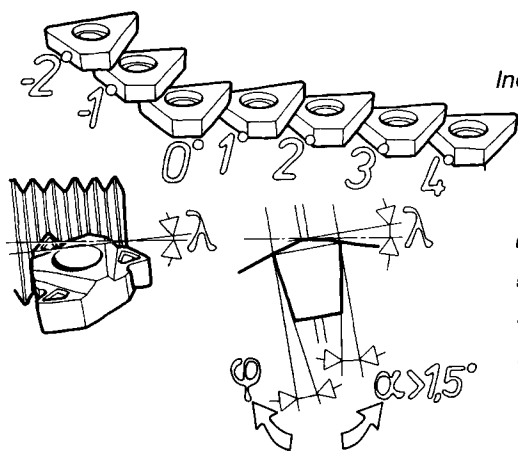
La incidencia general necesaria está en función del ángulo de hélice de la rosca y suele ser similar al mismo. Cuando la inclinación de la plaquita es diferente al ángulo de la plaquita, el ángulo de incidencia también lo es.

Es importante dos ángulos de incidencia simétricos para alcanzar el mayor rendimiento. El valor del ángulo de inclinación de la plaquita está dado por el cálculo de su tangente, la cual se obtiene dividiendo el paso entre el producto que se obtiene de multiplicar el diámetro efectivo ( $D_c$ ) de rosca por pi (3,14).

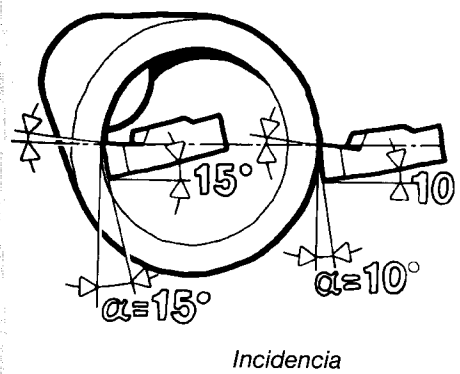
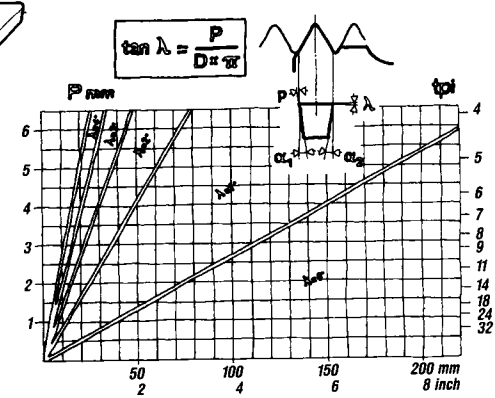
El ángulo de inclinación más común es de 1 grado y es en consecuencia el de las placas base que llevan como normalizado los portaplaquitas. Corresponde al área central del diagrama formado por la relación paso diámetro. También están disponibles otras placas de apoyo con valores de -2 a 4 grados, que varían de grado en grado, para otras relaciones del diagrama, sin modificar la altura del filo de corte. Para mecanizar roscas a izquierda con herramientas a derecha y viceversa, son necesarios ángulos de inclinación negativos. Las barras para roscar interior con pequeños diámetros, no tienen asientos debido al limitado espacio, la inclinación dada está entre 1 y 2 grados.

## Incidencia de la plaquita, entrada y salida

El más pequeño de los ángulos de rosca y más pequeño de los ángulos de incidencia. Algunos de los ángulos de rosca redondas planas tienen pequeños ángulos de perfil (grados) y son especialmente sensibles a incidencia siendo conseguidos mediante correcta inclinación de la placa base. La incidencia frontal (radial) es diferente según que las operaciones se realicen en roscas exteriores o en interiores, lo que significa que plaquitas para roscar interiores se inclinan más que para exteriores, dicha mayor inclinación está incorporada en los portaplaquitas U-Lock. También, las plaquitas para roscar exterior son diferentes a las de interiores: no son intercambiables ya que podría haber diferencias en el perfil de rosca generado por una u otra.



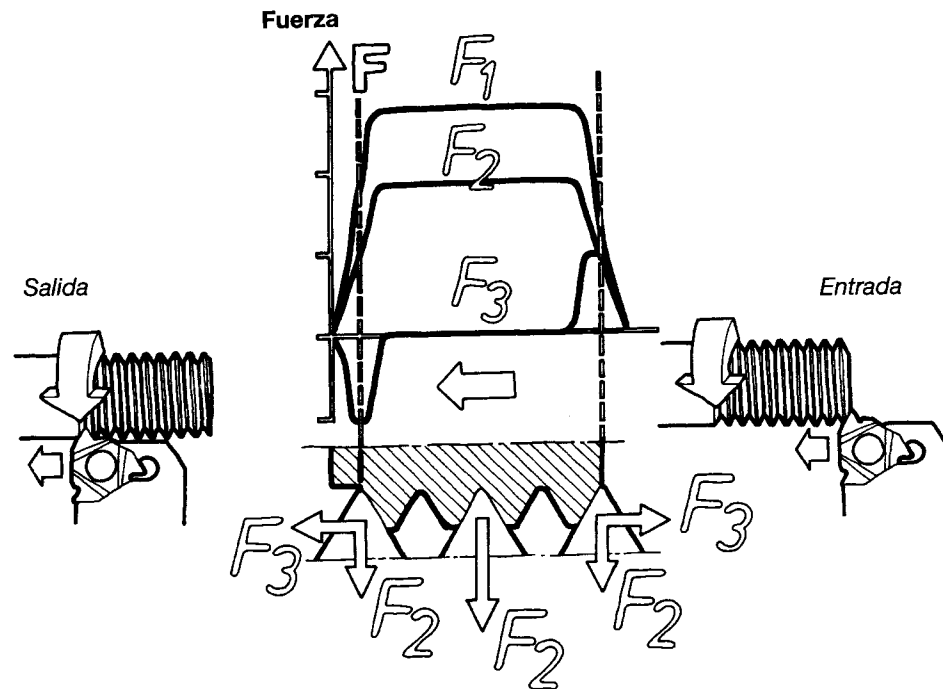
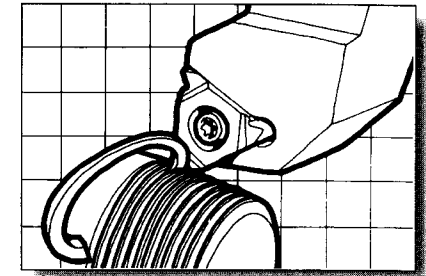
Inclinación de plaquita



Incidencia



# Torneado de roscas



En las roscas del tipo no puntiagudas tales como las redondas y las de cresta plana, el ángulo de incidencia lateral y el espesor de viruta son considerablemente más pequeños que el frontal que es el que conforma la cresta del perfil de la rosca. Sin embargo debe tenerse cuidado de conseguir al menos un grado y medio en esta incidencia lateral.

La parte más sensible de la operación de roscar es el ángulo de corte y la salida de la her-

ramienta al final de la pasada. El pico del filo de corte es muy sensible al impacto o choque y la forma de la plaquita la hace más propensa al movimiento en su asiento sobre el portaplaquitas que la mayoría de otras plaquitas de torneado. Si la plaquita se mueve, la rosca obtenida puede estar fuera de tolerancia. Las fuerzas de corte son bastante estables mientras la plaquita está roscando pero sufren una gran variación cuando ésta sale del material al finalizar la pasada. Los

datos de corte se adaptarán correctamente para conseguir la máxima seguridad de producción sobre todo en esos momentos.

La profundidad del perfil a mecanizar se divide en varias pasadas de corte. Este varía de un tipo de rosca a otro, teniendo cada tipo su propia recomendación en cuanto al número de las mismas y su profundidad. Una rosca métrica de 0,5 mm de paso necesita sólo 4 pasadas de corte, mientras que la de 6 mm de paso necesita 16.

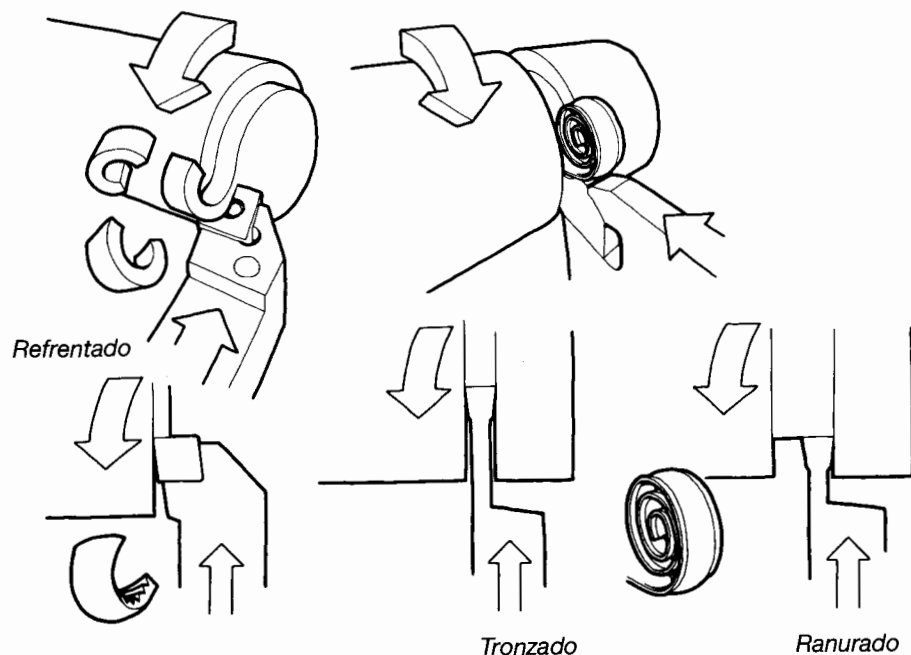
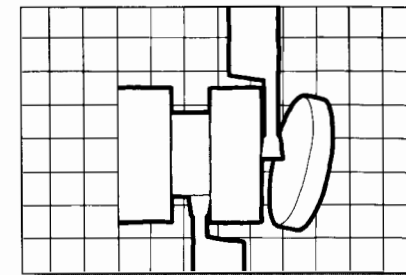
El número de pasadas se verificará en función de la operación para asegurar unos valores óptimos, basados en las recomendaciones de inicio. Demasiadas pasadas pueden originar un excesivo desgaste en incidencia debido a una carga insuficiente de material en cada pasada. Y pocas pasadas puede conducir a la rotura del pico de la plaquita o a la deformación plástica de la misma por un exceso de calor debido a una sobre presión.

## Factores del torneado de roscas

El roscado con las modernas herramientas de corte es un eficiente y fiable proceso de mecanizado el cual produce una alta calidad de roscas cuando éstas se realizan correctamente. Sin embargo hay algunos factores de vital importancia a considerar si se quiere conseguir el éxito:

- antes de realizar la rosca verificar el diámetro de la pieza para comprobar que tiene las creces correctas
- comprobar el reglaje del filo en relación del diámetro del paso
- comprobar que la geometría de corte de la plaquita es la correcta (Universal, F o C)
- asegurar que el ángulo de incidencia es uniforme y suficiente (inclinación de la placa base)
- si la rosca fuera rechazada comprobar la preparación completa, incluida la máquina herramienta
- verificar que el programa para roscar del CNC es el adecuado
- optimizar el método de penetración, número y tamaño de las pasadas
- asegurar la correcta velocidad de corte para las demandas de la aplicación.

# Ranurado y tronzado



## Avance radial

Para obtener el trabajo completo en tornos, siempre ha sido importante la capacidad para mecanizar eficientemente piezas de trabajo y similares. Incluso en máquinas especiales de cortar, una buena herramienta de tronzar es el centro de la operación. Las modernas herramientas de hoy con plaquitas intercambiables para cortar y ranurar aportan los mismos niveles de productividad que cualquier otra herramienta de torneado. Aportando también nuevas posibilidades.

En operaciones de tronzado, el objetivo es separar una parte de la pieza de la otra con la mayor eficiencia y fiabilidad posibles. Se realiza una ranura recta profundizando en la dirección del radio. En operaciones de ranurar el principio es el mismo, con la diferencia de que el corte no se realiza hasta el centro. Las operaciones de ranurar son menos sensibles en muchos aspectos ya que usualmente las ranuras no son comparables en profundidad, en lugar de forma, precisión y estado super-

ficial son demandas que necesitan una atención añadida.

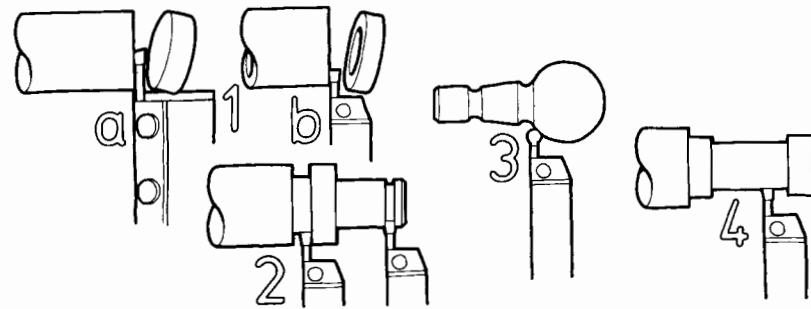
El proceso de mecanizado puede ser parecido las operaciones de refrentar en el torneado, en donde la herramienta se desplaza radialmente hacia el centro, la diferencia está en que en las operaciones de tronzar, la herramienta es una lama delgada adentrándose en una ranura estrecha. Hay material en ambos lados de la herramienta y como el material a cortar mediante el tronzado debe ser el menor posible, la anchura del filo ha de ser lo más estrecha posible. Esto origina considerables exigencias en la realización, formación de la viruta y estabilidad de la herramienta de tronzar.

Como la herramienta se desplaza hacia el centro, y la velocidad del husillo en revoluciones se mantiene igual, la velocidad de corte decrece de manera continua hasta alcanzar cero cuando llega al centro. Esto es claramente una desventaja para la herramienta y origina una rigurosa exigencia sobre la arista de corte. Cuando el filo se acerca al centro la presión sobre el mismo se incrementa a medida que decrece la velocidad de corte.

La evacuación de la viruta es también un factor crítico en las operaciones de tronzar. Hay poca facilidad para poder romper la viruta en tan poco espacio mientras la herramienta alcanza progresivamente más profundidad. La geometría del filo de corte para la formación de la viruta ha sido



# Ranurado y tronzado



estudiada largamente para conseguir que ésta sea evacuada suavemente. Las consecuencias de una mala ejecución a este respecto son la obstrucción de viruta que originan una mala calidad superficial y un martilleo de la misma, conduciendo finalmente a la rotura de la herramienta.

## Operaciones diversas

Las modernas herramientas de tronzar y ranurar son también, además de muy productivas, versátiles. La mayor parte de las operaciones de torneado pueden ser realizadas con las actuales herramientas Q-Cut de plaquitas intercambiables. estas incluyen:

- 1a. Tronzado de barras sólidas
- 1b. Trozado de tubos
2. Mecanizado de ranuras, una amplia gama de ranuras para diferentes propósitos
3. Mecanizado de perfiles, usando la plaquita adecuada
4. Operación de cilindrar, una alternativa cuando se usa la plaquita adecuada

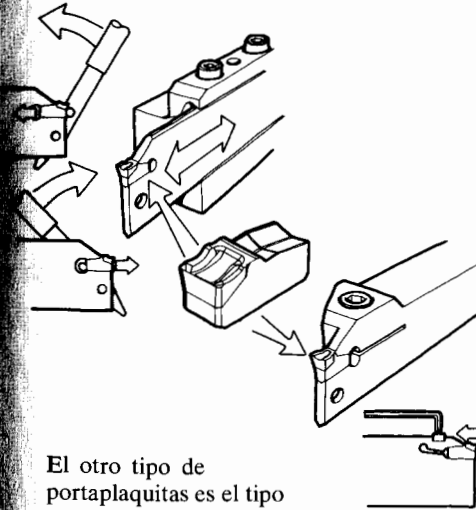
También hay otras operaciones que forman parte de esta gama: ranurado interior, ranurado frontal, desahogos y torneado de ruedas de aluminio. El sistema es ventajoso ya que con un sólo alojamiento se pueden montar diferentes tipos de plaquitas lo que significa que un solo tipo de herramienta puede realizar diferentes operaciones con sólo cambiar el tipo de plaquita.

## Tipos de herramientas de corte

La moderna herramienta para ranurar y tronzar se compone de un portaplaquitas y una plaquita intercambiable, especialmente desarrollada para el tipo de operación. En la guía de selección CoroKey hay dos tipos principales de portaplaquitas.

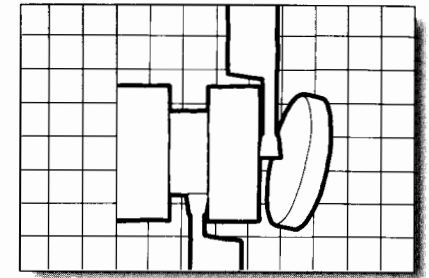
Uno, el bloque portalamas con la lama portaplaquitas (151.2). Este tipo de herramienta esta dirigido principalmente al tronzado de grandes diámetros de piezas y ranuras profundas. La lama es ajustable a distintos voladizos para adaptarlos al valor de la profundidad, maximizando la estabilidad

para la operación en cuestión. La plaquita se sujeta en la lama por efecto elástico. El alojamiento de ésta tiene una ñeta superior que presiona sobre la plaquita manteniéndola firmemente sobre su asiento. La ñeta es accionada por una palanca para montar o desmontar la plaquita.

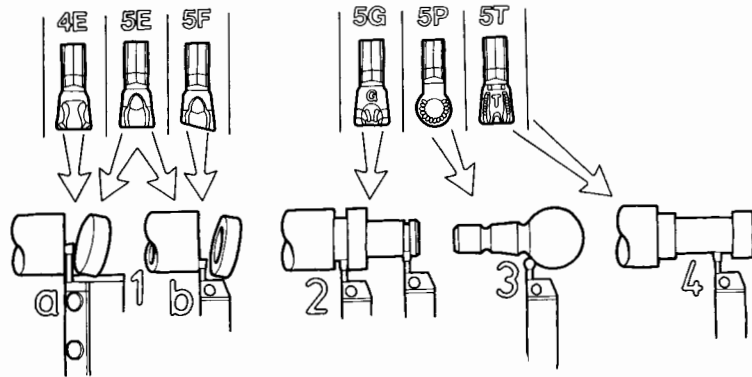


El otro tipo de portaplaquitas es el tipo de lama (151.22), en el que

la plaquita se sujeta mediante una ñeta apretada con un tornillo. Esto proporciona una óptima estabilidad pero el valor del voladizo para la lama es fijo, limitando a la herramienta realizar operaciones de pequeña profundidad tanto para tronzar como ranurar. El cambio de la plaquita se realiza aflojando el tornillo que actúa sobre la ñeta.



# Ranurado y tronzado



Las plaquitas intercambiables han sido desarrolladas para las diferentes operaciones que se realizan con las herramientas para este área. Las principales operaciones están optimizadas con el uso de la mayoría de las plaquitas apropiadas:

- el tronzado de barras necesita geometría de corte 4E o 5E
- el tronzado de tubos necesita una 5E o 5F
- el ranurado se debe realizar con 5G
- el perfilado se debe realizar con 5P
- para cilindrar debe usarse una plaquita 5T

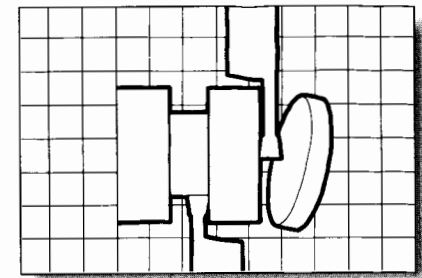
Para las operaciones que no necesitan un gran voladizo, en lugar de la lama ajustable puede usarse el portaplaquitas tipo mango, en donde la lama es parte integrante de la herramienta. Este diseño ofrece la máxima rigidez, imprescindible en las operaciones de tronzar, ranurar, perfilar y cilindrar. El tipo de herramienta con lama ajustable tiene una

ventaja añadida y es que ofrece la flexibilidad de poder ajustar el voladizo cuando varían los diámetros y la profundidad de las ranuras que se ven afectadas. Sin embargo se recomienda que a ser posible se usen los menores voladizos para un máximo de estabilidad.

### Factores de mecanizado

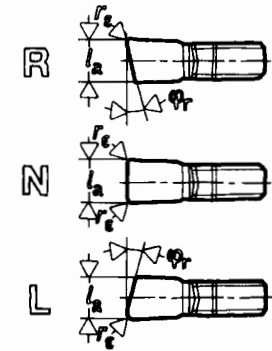
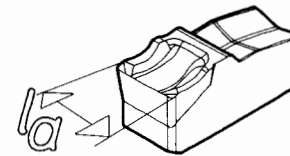
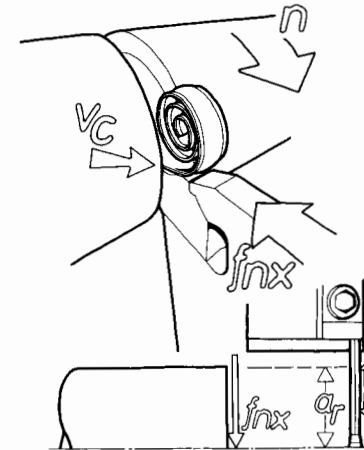
Los principales datos de corte y definición de la herramienta en las operaciones de tronzar y ranurar son:

- velocidad de corte ( $V_c$ ) medida como la velocidad de la superficie ante el filo de corte
- velocidad del husillo ( $n$ ), son las revoluciones por minuto de la máquina
- el recorrido, avance radial hacia el centro de la pieza ( $f_{nx}$ )
- la capacidad de profundidad radial de la herramienta ( $a_r$ ) - la distancia desde el diámetro exterior al centro de la pieza o el final de la ranura
- anchura del filo de la plaquita ( $l_a$ )



### Ángulo frontal

Hay tres tipos de plaquitas: la neutra (N) en donde el filo forma ángulos rectos con la dirección del avance de la herramienta con un ángulo frontal de cero grados. Plaquitas a derecha (R) e izquierda (L), las cuales tienen un ángulo frontal con varios grados.

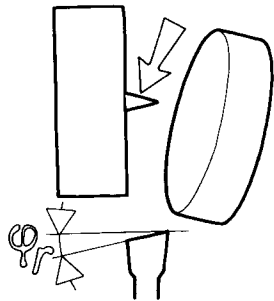
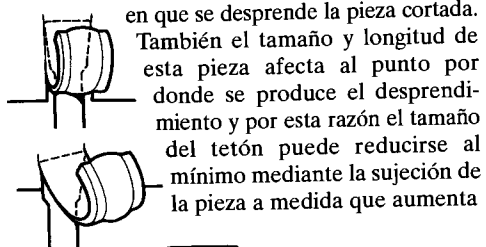


Cada uno de los ángulos frontales tienen su uso. Las plaquitas neutras aportan un robusto filo con las fuerzas en dirección radial principalmente. Se obtiene la mejor alineación perpendicular en el corte, ayuda a mantener la precisión y acabado superficial así como una larga duración del filo. La formación de la viruta es también lo más ventajoso con un ángulo de cero grados.

# Ranurado y tronzado

En determinadas operaciones se usa un ángulo frontal con varios grados con el fin de obtener un resultado más favorable ante ciertas exigencias. Si se usa una plaquita con filo neutro al final del corte y coincidiendo con el centro, siempre quedará un pequeño tetón de material no cortado. Cuando la pieza cortada tiende a desprenderse, debe utilizarse una plaquita con un ligero ángulo frontal con el fin de dejar el tetón en la parte de pieza que queda sobre la máquina, eliminándola y acabándola con el avance de la herramienta hasta el centro.

Las rebabas también pueden reducirse con esta plaquita de ángulo frontal. El tamaño del tetón está en función de la forma en que se desprende la pieza cortada.

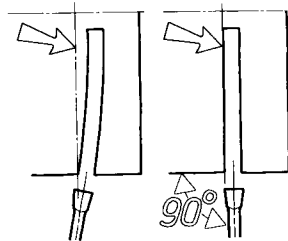
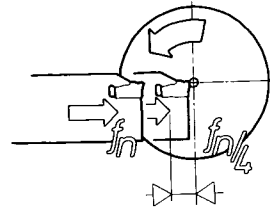


la inestabilidad al producirse el corte de la misma.

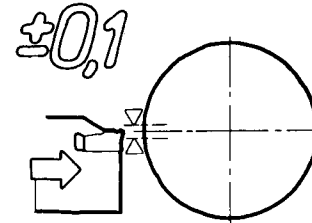
## Factores de aplicación

La reducción de los datos de corte con frecuencia son una solución favorable cuando se mecaniza hacia el centro de la pieza, disminuyendo la presión sobre el filo. También para reducir el tamaño del tetón, la gama de avance se debe reducir por encima del 75% en el momento de la aproximación al centro. La velocidad de corte se adaptará tanto como para minimizar la posible tendencia a las vibraciones.

Es vital para la herramienta de corte ser montada con un correcto posicionamiento a 90 grados respecto al eje de la pieza a mecanizar. Una desviación significará una tensión

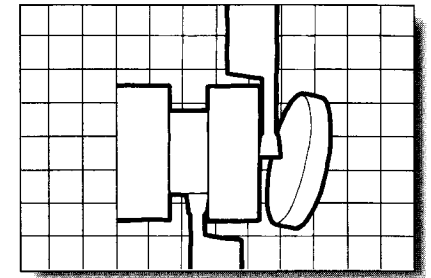


añadida a la lama a medida que esta penetra en el material y el resultado será una falta de planitud en las superficies mecanizadas. Las vibraciones aumentan y la formación de viruta puede ser con frecuencia desfavorable.



La posición de la herramienta en altura respecto al centro de la pieza también es muy importante. La desviación del filo respecto a dicho centro no debe ser mayor de  $\pm 0,1$  mm. Una desviación excesiva cambia la acción de corte, con altas fuerzas de corte, estas dan lugar a que aparezca una fricción entre la pieza y la herramienta, obteniéndose como resultado una reducción considerable de la duración del filo, y un aumento del tamaño del tetón central.

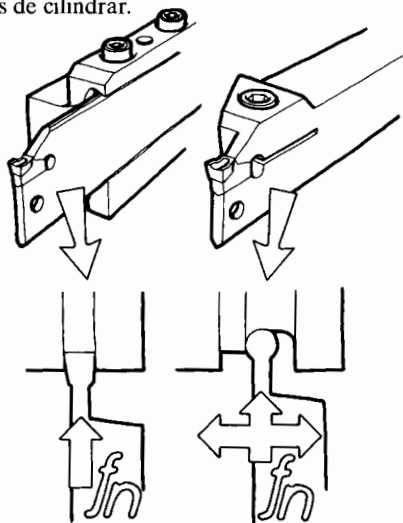
Es especialmente importante crear la mejor estabilidad para la herramienta en el momento de realizar la preparación, tanto en el tronzado como en el ranurado profundo. Las herramientas implicadas tienen largas y delgadas lamas debido a la necesaria accesibilidad. El voladizo de la lama debe minimizarse buscando la herramienta con la menor longitud de lama posible (ar) y por esta razón la lama ajustable es en la mayoría de



# Ranurado y tronzado

los casos la mejor alternativa, si bien el diseño de porta con lama integral es el de mayor rigidez. Pueden usarse plaquitas con anchuras (la) mayores para una mayor rigidez - pero esto significa un mayor gasto de material en la operación de tronzar.

Las mayores posibilidades de la herramienta de mango hacen que ésta sea elegida también como las de mayores alturas de lama (h) y mayores alojamientos de plaquita. El sistema de sujeción de la plaquita con efecto elástico se debe usar sólo cuando la dirección del avance es solamente radial, el amarre con tornillo es el adecuado para los casos en que la dirección del avance es normal a la lama, en operaciones tales como las de perfilar y las de cilindrar.



## Factores para la elección de la herramienta

Los principales factores que afectan a la elección de la herramienta para una operación son:

- *diámetro a cortar o longitud de profundidad de una ranura*

Las profundidades de una ranura o un tronzado influirán en el tipo de portaplaquitas a determinar, como ya se ha planteado previamente. Se considerará el mayor y más estable de los porta. También se tendrá en cuenta la anchura de la plaquita en relación con la profundidad. Este es el modo de obtener estabilidad para la operación. La regla para tronzar es que la profundidad no exceda de 8 veces la anchura de la plaquita (la).

- *anchura de corte en el tronzado o de la ranura*

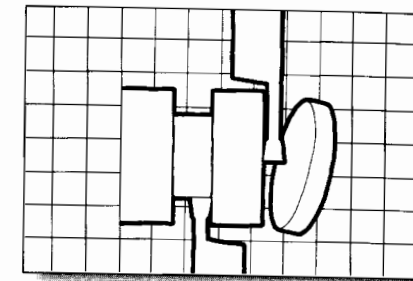
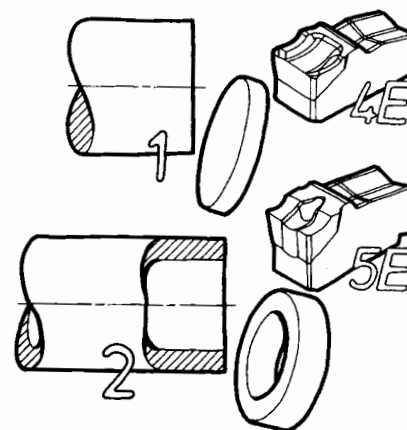
En el tronzado se crea con frecuencia un compromiso entre, por un lado, utilizar la plaquita más ancha posible para una mayor estabilidad y mejores resultados, y por otro, desperdiciar la menor cantidad posible de material en forma de viruta. La anchura de las plaquitas para el mecanizado de ranuras son determinadas normalmente por las especificaciones de la pieza.

- *tipo de plaquitas con ángulo frontal R, L o N*

Las plaquitas neutras, tienen un ángulo frontal de cero grados y tienen las ventajas de aportar una mayor y mejor estabilidad en la acción de corte. Mejor acabado superficial, precisión y elevado régimen de avance son normalmente mejor si se compara con las plaquitas que

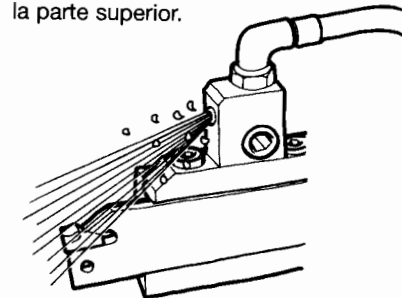
tienen algunos grados de ángulo frontal. En cambio, el tetón puede eliminarse mejor con las plaquitas de tipo R o L.

- *optimización de las operaciones de tronzar usando plaquitas específicas para el tronzado de barras o el de tubos. El tronzado de tubos se realiza mejor con agudos filos de corte y con geometrías positivas tales como las de los tipos 5E y 5F, particularmente para eliminar las rebabas que tienden a quedar en el diámetro interior.*



## Suministro de refrigerante

Debe usarse gran cantidad de fluido de corte dirigido a la parte superior de la herramienta. EL fluido debería suministrarse de forma constante mientras la herramienta esté en contacto con el material. Se puede montar un adaptador para dicho suministro con dirección hacia la parte superior.

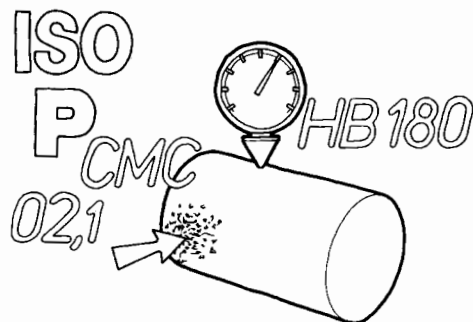




# Torneado en desbaste de un piñón de acero

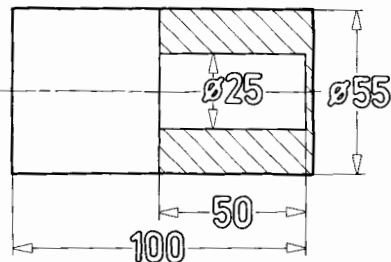
## Prioridades de mecanizado

Este ejemplo de producción ilustra la diferencia en capacidad entre los tipos de herramientas y el efecto que estas tienen en la productividad y la economía total del mecanizado. Para este objetivo, ha sido elegido una sencilla operación de torneado en desbaste, para el cual pueden ser consideradas varias alternativas de plaquitas. La selección en este caso ha de estar basada en las prioridades.



Este ejemplo es la elección típica para ser realizada como una planificación de producción con herramientas de corte y representa la línea que se piensa seguir cuando se seleccionan plaquitas para operaciones de torneado medio a desbaste pesado.

Una de las tareas que ocurren frecuentemente en el mecanizado es la producción de piñones de acero. Estos son utilizados ampliamente en la industria como componentes para diversos usos y son fabricados en diferentes materiales.



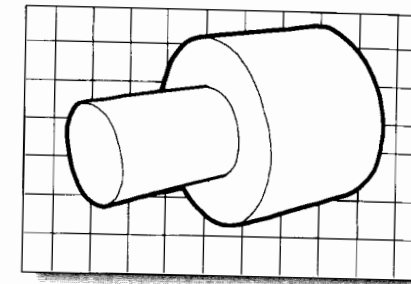
Para este ejemplo, ha sido tomada una barra de acero aleado (CMC 02.1) a partir del cual se torneará una pieza que será un simple eje. Sólo se requiere una operación de cilindrar y otra de refrentar para obtener el diámetro y la longitud.

¿Cuáles deberían ser las consideraciones al planificar el mecanizado de esta pieza?

Debe incluirse una relación básica de los factores de producción a considerar:

- tamaño del lote, tiempo de producción y máquina del taller que realizará la operación.
- factores de la máquina herramienta, tales como potencia, estabilidad y condiciones
- factores de la pieza como estabilidad, tipo de material, resistencia y dureza
- factores de corte del mecanizado tales como productividad, economía y rendimiento

La pieza en este ejemplo se realiza partiendo de 55 mm de diámetro laminada en acero



aleado y con una dureza de HB180. Se cilindra un diámetro de 25, sobre una longitud de 50 mm y se refrenta. Solamente se considera la operación de desbaste y se utiliza solo una herramienta de corte para todo el trabajo.

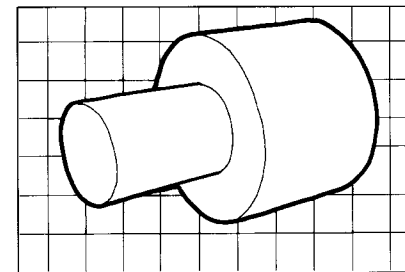
La máquina disponible es un torno CNC, en buenas condiciones y estabilidad con una potencia máxima de 30 kw. Se puede usar una herramienta a derecha con un tamaño de mango de 32 por 25 mm. El operario de la máquina y los gastos generales suponen un costo índice de 2 por minuto. La duración previsible del filo es de 15 minutos.

## Portaplaquitas

El mecanizado en desbaste de esta pieza con una sola herramienta significa que han de emplearse al menos dos direcciones de avance, una para la operación de cilindrar y la otra para refrentar. La tarea ahora es seleccionar y aplicar el mejor portaplaquitas y la mejor plaquita para este trabajo. Respecto al portaplaquitas, se elige el sistema T-Max P, para mecanizar la operación exterior, con preferencia al T-Max U que es más adecuado a operaciones exteriores e interiores de mecanizado ligero.

Fuera de la gama de las herramientas de corte disponibles, hay varias que pueden mecanizar en dos direcciones. Para desbaste, se tendrá en cuenta un filo resistente y el ángulo de punta deberá ser al menos de 80 grados, dando un ángulo de posición de 95 grados en dos direcciones de avance.

# Torneado en desbaste de un piñón de acero

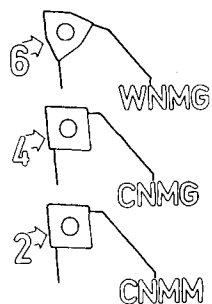


## Plaquita intercambiable

La próxima consideración es el tipo de plaquita. Hay dos tipos de éstas que tienen 80 grados de ángulo de punta, para dos direcciones de avance. El tipo W y el C. El tipo W es una plaquita con menor costo por filo, con 3 filos disponibles y doble cara con lo que se obtienen 6 filos por plaquita (WNMG). Con la plaquita de tipo C, hay disponibles en doble (CNMG) y simple cara (CNMM), dependiendo sobre todo del tipo de geometría de corte elegido. La plaquita de tipo C, tiene más capacidad y fiabilidad que la de tipo W. La guía de selección CoroKey muestra estas tres elecciones para los portas PCLN y MWLN.

La guía de selección CoroKey proporciona las siguientes alternativas de herramientas, en calidad de metal duro GC4025:

- plaquita con doble cara WNMG, con una longitud de filo de 8 mm, geometría de corte PM y un radio de redondeo de la punta de 1,2 mm.



- plaquita con doble cara CNMG, pero con 12 mm de longitud de filo, geometría de corte PM y radio de punta de 1,6 mm.
- plaquita con una sola cara CNMM, con 16 mm de longitud de filo en la robusta geometría para desbastar PR y radio de punta de 1,6 mm.

La capacidad de cada una de las plaquitas se muestra en relación a:

- profundidad de corte ( $a_p$ )
- velocidad de corte ( $v_c$ )
- gama de avance ( $f_n$ )
- número de pasadas que necesita cada plaquita para completar la operación

## ¿Cuál es el criterio operativo?

Es la de fabricar mirando hacia una producción económica, haciendo el mejor uso del tiempo y recursos de fabricación disponibles. Y ello es solamente una cuestión de buscar el filo de corte más barato. Alternativamente, permitiendo la regla estricta de elección de lo que hay en inventario.

	WNMG 08 04 12-PM
	CNMG 12 04 12-PM
	CNMM 12 04 16-PR

$a_p$	$v_c$	$f_n$	€
4	240	0,3	4
5	240	0,3	3
7,5	205	0,5	2

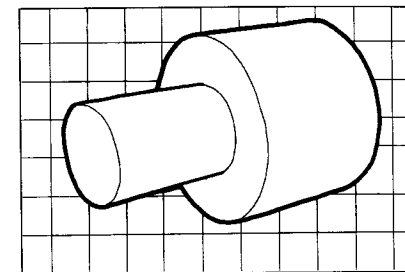
Determinar una descripción de los factores siguientes:

- potencia de la máquina
- capacidad del rompevirutas
- tamaño del lote y su frecuencia
- estabilidad
- costo por filo
- dureza del material de la pieza
- tiempo necesario de producción
- máquina del taller que se ha de emplear

Potencia y estabilidad son factores importantes en el mecanizado en desbaste. El cálculo de potencia para cada plaquita se puede encontrar, usando para el material un valor de la fuerza específica de corte ( $k_c$ ) de 2100. Los resultados muestran que la potencia necesitada por la plaquita WNMG con la geometría de corte PM es de 10 kw, CNMG también con la geometría PM es de 13 kw y para la CNMM con geometría PR es de 27 kw - también observaremos cuando se toma en cuenta el factor de rendimiento de la máquina, que en este caso excede de la potencia disponible.

Entonces vamos a un mecanizado económico, basado en los recursos de producción, figura índice ( $C_m$ ) de 2 por minuto, tamaño del lote (B:115) y una previsible duración del filo (T:15 minutos).

# Torneado en desbaste de un piñón de acero



	$C_T$	$T_C$	$N$	$C_1$	$N_C$
WNMG 08 04 12-PM	2,33	0,35	6	14,00	3
CNMG 12 04 12-PM	3,17	0,27	4	12,70	2
CNMM 12 04 16-PR	6,35	0,13	2	12,40	1

$C_{TC}$	$C_{MC}$	C/B: 115
0,060	0,70	87,40
0,055	0,54	68,42
0,055	0,26	36,22

## Mecanizado económico

El costo por filo (CT) está indicado para cada uno de los tipos de plaquitas. También se muestra el tiempo (TC) empleado en el mecanizado en cada pieza, a lo largo de un número de filos disponibles en cada tipo de plaquita (N). El costo de cada plaquita (C1), también está indicado.

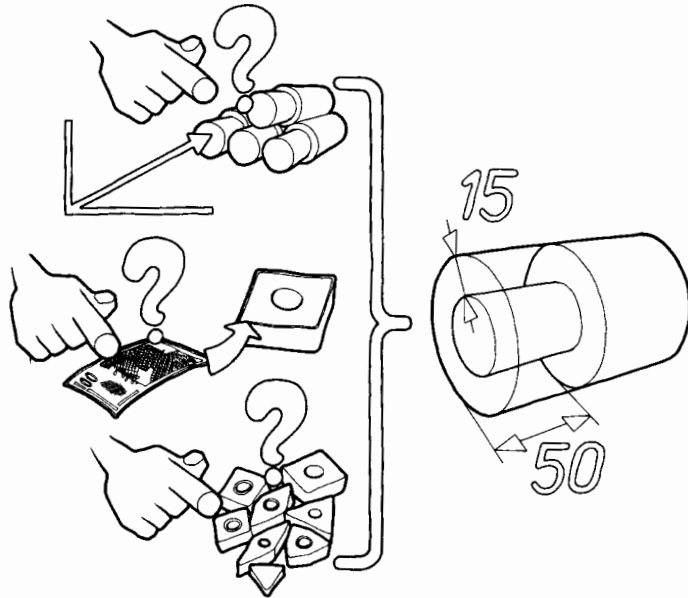
Lo siguiente, el número de filos de corte (NC) necesarios para mecanizar el lote. Esto se realiza fuera multiplicando el tamaño del lote por (B) el tiempo empleado para mecanizar cada pieza, (TC) dividido por la duración del filo (T). El costo de mecanizado por pieza (Cmc) se calcula multiplicando el costo de los recursos de producción por minuto por el tiempo empleado en cada pieza completa (TC).

El costo de herramienta por pieza (CTC) se calcula multiplicando el número de filos necesitado para el lote por el costo de cada filo, (CT) dividiendo por el tamaño del lote. Una vez realizados estos son: WNMG: 0,060, CNMG: 0,055, y CNMM: 0,055.

El costo de mecanizado por pieza, al igual que para cada tipo de plaquita se calcula por el costo de herramienta por pieza añadiéndolo al costo de mecanizado por pieza. Finalmente, el costo de mecanizado total por cada lote se calcula multiplicando el costo de mecanizado por pieza por el número de ellas que haya en el lote.  $(C_{TC} + C_{MC}) \times B$  Esto es: WNMG: 87,40, CNMG: 68,42 y CNMM: 36,22. Con la alta productividad de la plaquita de una cara para desbaste, se

obtiene el menor costo de producción, mientras que la plaquita más barata, la trigonal, se obtiene el mayor.

# Torneado en desbaste de un piñón de acero



## Conclusión

A modo de sumario, comparando las tres alternativas de plaquitas, el número de filos varía de 2 a 6, el costo por filo de 2,33 a 6,35, el tiempo de corte por pieza de 0,35 a 0,13 minutos y la producción de 171 a 461 piezas por hora. Esto último ilustra el potencial que se obtiene seleccionando y aplicando las modernas herramientas de corte.

Pero siendo posible un método tan productivo con las mejores herramientas, no sólo se puede obtener la producción del lote en menos de una tercera parte del tiempo sino que la máquina puede realizar la producción de otras piezas en el tiempo obtenido como

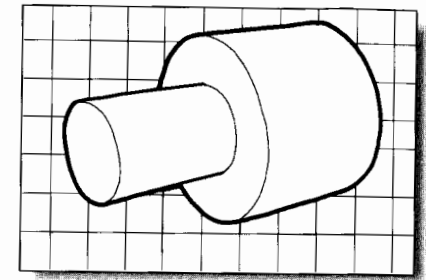
ahorro - generando una mejor y más beneficiosa utilización de los medios de producción. El costo de mecanizado por pieza en este caso es alrededor de la mitad con el uso de la plaquita más productiva, sin contar el tiempo de cambio de la propia pieza.

Utilizando la plaquita más productiva, la CNMM con la geometría PR, el lote se mecaniza con la mitad de costo y en la mitad del tiempo que con la de precio más barato de las plaquitas WNMG. El consumo de potencia puede ser un problema en algunas operaciones de desbaste en las que se involucran máquinas ligeras, limitando la capacidad de

utilización de todo el potencial de la plaquita más productiva. En tales casos, la mejor opción es la plaquita con doble cara CNMG con la geometría PM, la cual resulta también considerablemente más rentable que la más barata de las plaquitas. E independientemente del inventario, la plaquita tipo C es mucho más favorable por su gran versatilidad.

Los costos de herramienta representan sólo un pequeño porcentaje del total de los costos de mecanizado de cualquier pieza pero representa un potencial de productividad /economía que puede tener un efecto considerable en el total de la operación de mecanizado. Lo que puede parecer la mejor alternativa en los precios de una plaquita, puede resultar la más cara como consecuencia de su influencia en los costos totales de producción. En este ejemplo, hay también factores de seguridad que se deben tener en cuenta. La plaquita debe ser lo suficientemente consistente en su volumen y el filo ha de ser también robusto para aguantar las exigencias que se le hacen en una moderna máquina CNC.

El alto nivel de competitividad, se logra con la eficiencia respecto al tiempo y los gastos totales de producción - un factor que puede ser mejorado continuamente mediante una buena selección y aplicación de la mejor herramienta para el trabajo.



## Potencia para torneear

Cuando se llega al aspecto de la potencia, crítica para muchas operaciones de desbastar, la obtención de la neta necesaria está en función del rendimiento de la máquina (con frecuencia alrededor del 0,85, por pérdidas de transmisiones y otros), siendo necesarios 32 Kw en un torno CNC para poder utilizar la plaquita CNMM-PR para mecanizar en dos pasadas. El torno para este trabajo no tiene la potencia requerida, lo que significa que debe cambiarse la operación a otra máquina con la potencia necesaria o bien realizarla con esta plaquita dando más pasadas. Una alternativa es utilizar la plaquita con doble cara CNMG-PM, por ejemplo, aunque no se obtenga el nivel del costo de producción óptimo, pero siempre será una mejora razonable con respecto a la plaquita más barata WNMG-PM. La plaquita CNMG-PM, además forma parte de la mayoría de los inventarios debido a su gran versatilidad y amplia área de aplicación.

30 kW

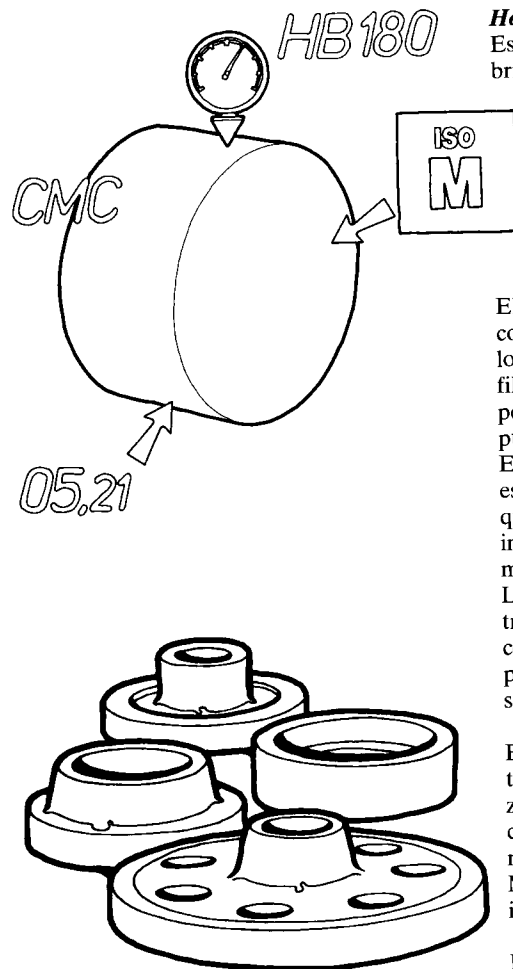
$$P_c = \frac{V_c \times a_p \times f_n \times K_c}{60,000 \times 0,85} \text{ (kW)}$$

WNMG: 14,3 kW      CNMG: 18,6 kW

CNMM: 31,8 kW

**SANDVIK**  
Coromant

# Torneado y taladrado de una brida de acero inoxidable



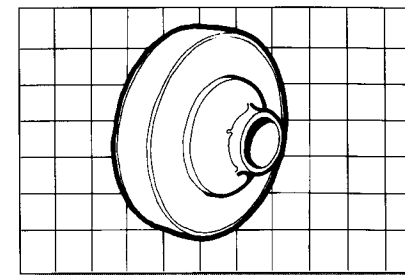
## Herramientas específicas

Este ejemplo trata del mecanizado de una brida de acero inoxidable, en las que intervienen las operaciones más típicas. Cilindrar, refrentar y taladrar son las necesarias en la mayoría de las piezas en este área y la optimización es un tema en el que deben utilizarse las plaquitas específicas, siguiendo el método usual de aplicación con algunas precauciones.

El mecanizado de acero inoxidable presenta con frecuencia mayores demandas que las de los otros aceros aleados. Menor duración de filo, mal control de viruta, peor material y pegado de este al filo, son algunos de los puntos negativos que se pueden encontrar. El acero inoxidable tiene sus exigencias específicas aunque es importante recordar que hay una gran variedad de tipos de aceros inoxidables y que estos influyen de manera muy distinta en el proceso de corte del metal. Las modernas herramientas de corte demuestran que muchos de los problemas asociados con el mecanizado de este grupo de materiales pueden ser reducidos o eliminados mediante su correcta aplicación.

El grupo de los aceros inoxidables austeníticos es el más común en relación al mecanizado. Estos tienen un empleo muy amplio y con frecuencia muchas piezas son producidas mediante el torneado y el taladrado. Materiales típicos de este grupo de aceros inoxidable son los 304 y 316.

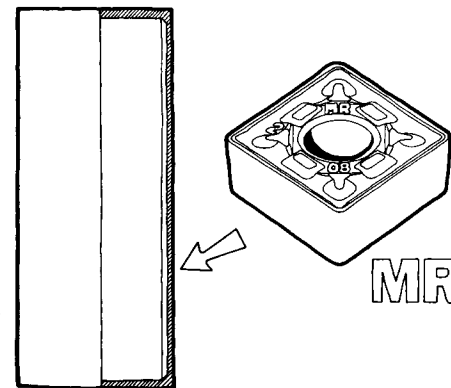
En este ejemplo, se parte de barra de acero inoxidable austenítico del tipo 316 L, con



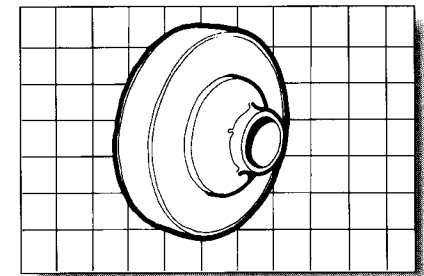
180HB (CMC 05.21). La pieza es una típica brida y es refrentada por una cara y cilindrada en el exterior siendo posteriormente taladrada.

La primera operación de desbaste implica el refrentado de un lado y parte de cilindrado. Se elige una herramienta capaz de realizar dos direcciones de avance, con un ángulo de punta de 80 grados lo que representa una plaquita del tipo CNMG. La pasada de cilindrar en desbaste está comprendida entre 1,5 y 3 mm de profundidad de corte con un avance de 0,35 mm/rev.

Es seleccionada una plaquita de doble cara CNMG de la guía CoroKey. Esta tiene una geometría de corte MR combinada con una calidad de metal duro GC2025 correspondiente al área de aplicación de materiales ISO



# Torneado y taladrado de una brida de acero inoxidable



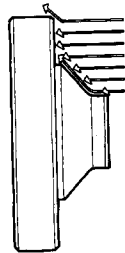
M. Se obtiene así una plaquita específica para el torneado en desbaste de aceros inoxidables. La geometría MR es robusta con una acción de corte positiva apropiada también para el desbaste de aceros inoxidables.

El centro de la pieza se taladra con una broca -U en donde una de las plaquitas tiene geometría tipo 53 en calidad GC1020. Esta es la primera elección recomendada en CoroKey para aplicaciones de acero inoxidable, satisfaciendo la necesidad de un filo tenaz así como una gran resistencia al desgaste al tiempo que se minimiza la tendencia a la formación del filo de aportación.

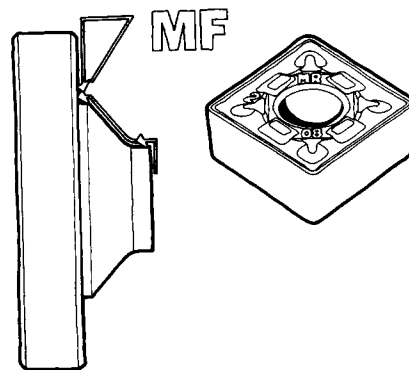
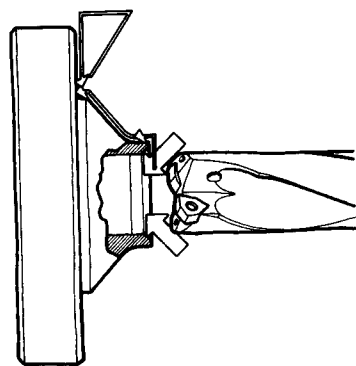
## Operación de perfilar

El mecanizado en desbaste de la otra cara de la pieza se realiza con la misma herramienta de desbastar - plaquita CNMG con geometría MR y calidad de metal duro GC2025.

La forma de la brida se obtiene mediante un número de pasadas axiales dando finalmente una pasada de perfilar. La profundidad de corte es alrededor de 4 mm, con la misma velocidad de corte de 165 m/min y un avance de 0,35 mm/rev.



Después del perfilado se realiza con otra plaquita TNMG con una geometría de corte MF y una calidad de metal duro GC2015. El perfilado se realiza desde el centro hacia el exterior hasta alcanzar la cara plana, entonces la pasada se realiza refrentando hacia el centro desde la periferia para lograr un mejor control de viruta. Una combinación de plaquita de la Línea-M para acabado de acero inoxidable. Esta es una geometría



positiva y aguda específica para afrontar las demandas de este grupo de materiales. Con profundidades de corte que varíen entre 0,2 y 0,3 mm, un avance de 0,2 mm/rev y una velocidad de corte de 245 m/min.

Las principales exigencias sobre el filo de corte cuando se mecaniza acero inoxidable, comparado con otros aceros aleados, son: altas y variables fuerzas de corte, altas temperaturas, mayor tendencia al filo de aportación y también mayor tendencia al auto-temple superficial. La formación de rebabas puede ser también un problema. Estas características pueden ser superadas mediante la selección de plaquitas específicas para este grupo de materiales (ISO - M).

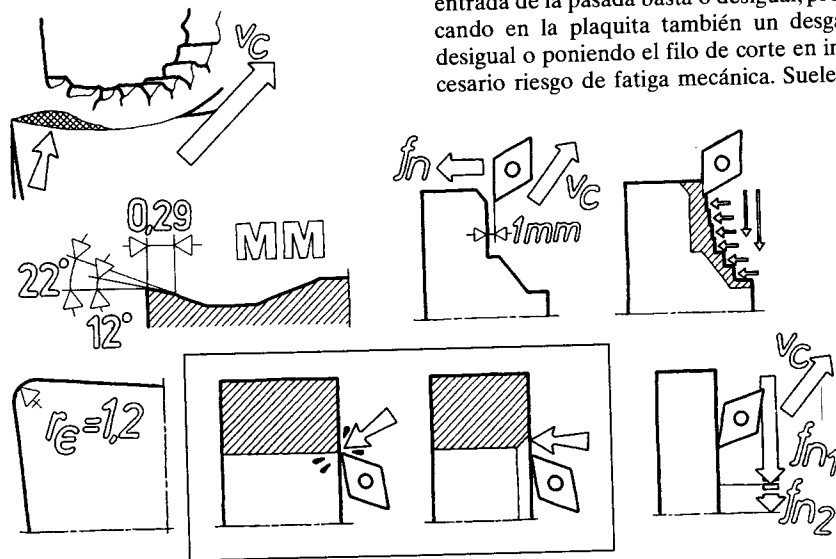
## Factores del torneado del acero inoxidable

La tendencia al pegado del material da como resultado la formación del filo de aportación sobre el filo de corte que afecta directamente a la plaquita y a la seguridad de producción. Aunque el material en cuestión, también está dependiendo de la temperatura en la zona de corte y de la velocidad de corte. El calor aumenta más rápidamente en el mecanizado de acero inoxidable lo que obliga a emplear velocidades de corte generalmente mas bajas como así mismo un amplio y abundante fluido de corte. La reducción de la tendencia al filo de aportación puede reducirse asegurando que la velocidad de corte supere la gama entre la cual se produce el pegado del material, utilizando filos específicos positivos.

# Torneado y taladrado de una brida de acero inoxidable

Las geometrías de corte positivas, provistas con las correctas facetas de refuerzo del filo para la aplicación en cuestión, producen una acción de corte suave y una mínima formación de rebabas. Combinado con una perfecta acción de rompevirutas y con la calidad de metal duro correcta, estas plaquita igualmente cubren bien otras tendencias de desgaste.

El radio de redondeado del pico de la plaquita también es un factor de resistencia importante, especialmente para mecanizado de acero inoxidable. Suele usarse un tamaño de radio de 1,2 mm o incluso mayor para el mecanizado de estos materiales.



Factores del torneado del acero inoxidables

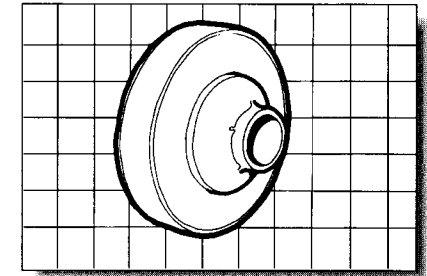
Cuando se mecaniza contra una escuadra en piezas de acero inoxidable, suele ser un problema frecuente el martilleo de las virutas y el pegado de las mismas. Esto se puede reducir incrementando la velocidad de corte justo antes de la escuadra - alrededor de 1 mm antes. Por otra parte, como se ve en la pieza del ejemplo, se realizan un número de pasadas axiales finalizando con una pasada en sentido radial. El avance radial entrando, comparado con el radial saliendo, es con frecuencia un método con el que se mejora el control de viruta.

Frecuentemente las piezas presentan una entrada de la pasada basta o desigual, provocando en la plaquita también un desgaste desigual o poniendo el filo de corte en innecesario riesgo de fatiga mecánica. Suele ser

favorable el realizar una operación adicional previa al comienzo de la operación de desbaste, eliminando aristas agresivas o bordes irregulares. Cuando están presentes estas exigencias proteger el filo programando un avance inferior al empezar la pasada es otra opción.

Cuando se refrenta hacia el centro aceros inoxidables, la velocidad de corte descenderá cuando las revoluciones del husillo de la máquina no puedan aumentar para compensar el decrecimiento progresivo del diámetro de la pieza. Esto significa que se mecanizará a una velocidad en donde se produce el pegado del material más rápidamente y con ello el efecto negativo sobre el filo al aproximarse a cero. La presión sobre el filo aumenta y también el deterioro de la acción de corte. Lo ideal, si es posible, es evitar llegar al centro realizando el taladrado en primer lugar, si hay esta exigencia, por otra parte se debe reducir el valor de avance una vez que se haya rebasado un diámetro inferior a 10 mm. Un avance normal de 0,25 se puede reducir a 0,03 mm/rev.

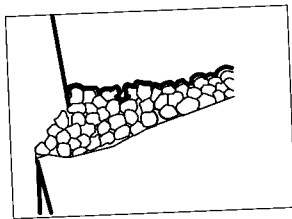
Cuando se mecaniza acero inoxidable, algunas precauciones puede llevar a un mejor proceso de corte, rendimiento y calidad de las piezas. La duración de la herramienta es mayor y más previsible. Deberá comprobarse que no hay un excesivo desgaste del filo y unas medidas correctas optimizarán la operación, aunque el desgaste de flanco o incidencia es normal en el mecanizado de acero inoxidable.



# Torneado y mandrinado de un anillo en fundición

## Materiales de viruta corta

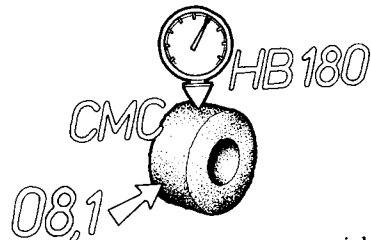
El ejemplo siguiente ilustra las consideraciones que intervienen en el mecanizado de una fundición normal. Con frecuencia éstas tienen irregularidades y una vez montada en el plato suele girar con bastante excentricidad. Esto necesita una especial atención. También la fundición es propensa a la rotura de bordes en el momento en que el filo termina la pasada. Las fuerzas de corte frecuentemente necesitan ser re-dirigidas para prevenir bordes de las piezas que pueden originar choques.



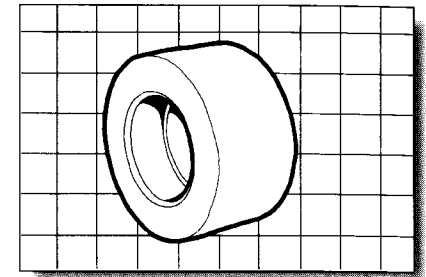
El torneado de piezas de fundición gris y nodular es normalmente considerado como favorable, generalmente con bajas fuerzas de corte y menor necesidad de potencia en comparación con el mecanizado del acero. Hay una gama extensa de fundiciones con diferentes resistencias y estructuras. La fundición gris es escamosa, con una viruta que se desprende en forma de polvillo mientras que la nodular está más en línea con la de virutas más cortas.

Suelen ser comunes, inclusiones duras y arena del moldeado de fundición, lo que acorta la

duración de cualquier filo. De forma convencional, gran cantidad del torneado de fundición es realizado con plaquitas de cerámica, las cuales son muy resistentes al desgaste pero extremadamente frágiles. Sin embargo, las modernas geometrías de metal duro y calidades han optimizado estas operaciones, proporcionando un mayor y ventajoso nivel de resistencia al desgaste y tenacidad para cubrir todas las diferentes exigencias que las piezas de fundición pueden crear.



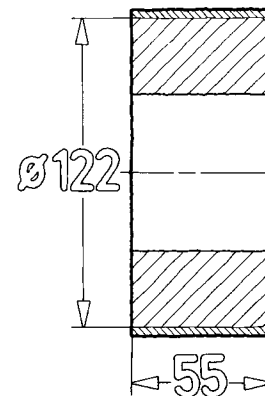
El desgaste por abrasión y el material de la pieza varía considerablemente en relación con la calidad y la resistencia, imponiendo dificultades fluctuantes en las herramientas de corte durante el mecanizado. En muchas operaciones de torneado, la dureza de ciertas zonas y los bordes de la pieza son la causa de la mayoría de las citadas dificultades. Es muy importante conseguir un desarrollo de desgaste satisfactorio para obtener el éxito en el mecanizado de estos materiales. Si se produce un deterioro rápido del filo debido a una plaquita inadecuada y a unos inadecuados datos de corte, la plaquita se puede romper prematuramente y los efectos son con frecuencia una mala calidad en la pieza.



## Fundición irregular

Este ejemplo se refiere a un torneado en desbaste de una pieza de fundición nodular (CMC 08.1) con forma de anillo con una dureza de HB 180. Fundida con unas medidas de 124 mm el diámetro exterior y un grosor de 62 mm. El agujero es de 60 mm de diámetro. El anillo necesita tornearse a 122 mm de diámetro, el refrentado a 55 mm con chafanado y mandrinado parcial.

La profundidad de corte es variable (2 - 4 mm) ya que la fundición es irregular. El cilindrado y el refrentado pueden ser realizados con la misma herramienta de corte, mecanizando en dos ejes de avance. Independientemente de la gama de herramientas disponibles, debe elegirse un filo robusto con el mayor ángulo de punta posible para lograr un balance entre el rendimiento y la seguridad de producción con la capacidad de poder trabajar en los dos ejes de avance.

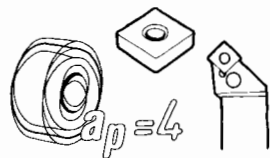




# Torneado y mandrinado de un anillo en fundición

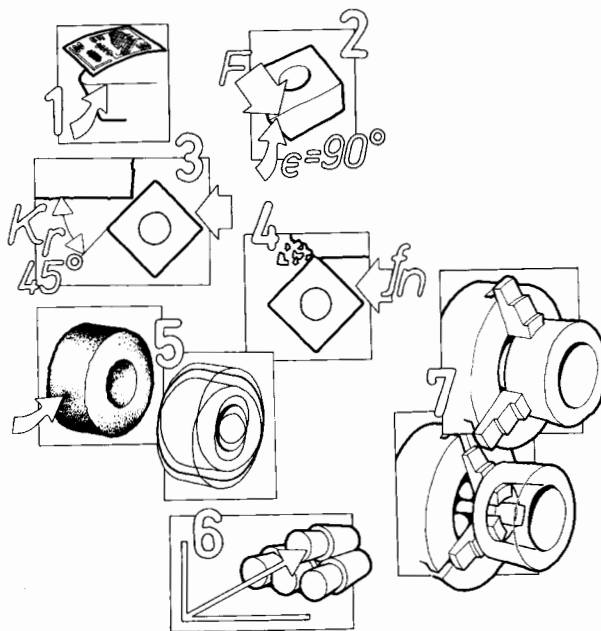
## Filo de corte robusto

Para cilindrar y refrentar en desbaste, la plaquita cuadrada, con un ángulo de punta de 90 grados en un portaplaquitas PSSN, es la elección recomendada en la guía CoroKey para una herramienta de torneado en desbaste en fundición. Respecto a las plaquitas, la plaquita plana tipo SNMA en calidad de metal duro GC3015 aporta un filo de corte muy fiable para el mecanizado de fundición con dificultades variables, con una amplia gama de aplicaciones en cuanto a avances y profundidades de corte.

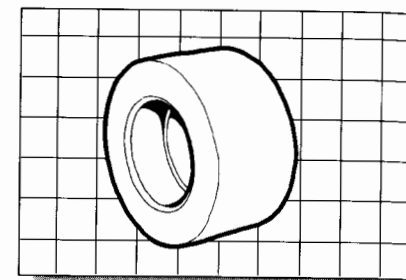


Las razones para elegir este porta y esta plaquita es el resultado de los siguientes factores:

1. un costo muy favorable por filo, con 8 filos por plaquita.
2. robusto filo de corte, con 90 grados de ángulo de punta.
3. ángulo favorable de posición para el mecanizado de fundición, con 45 grados el acceso se realiza entrando en contacto con la parte más resistente de la arista principal en el momento del comienzo del mecanizado.



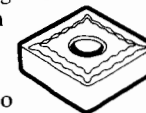
4. similar ocurre para la salida del corte, los 45 grados de ángulo de posición hacen que el problema de rotura de borde sea reducido al mínimo incluso evitado.
5. una fundición irregular con una cierta excentricidad de material incluso corte intermitente requiere un filo de corte con capacidad para soportar tales variaciones.
6. la combinación de plaquita y calidad de metal duro representan alta productividad y seguridad de producción.



7. el cilindrado, refrentado y subsecuentemente el mandrinado pueden realizarse con un mínimo de preparación y un mínimo de herramientas de corte. La pieza se monta sobre un plato sujeta por el interior después de haber hecho las operaciones de refrentar exterior y mandrinar hasta la mitad. En la segunda operación se realiza el mandrinado y el refrentado por el otro extremo.

## Plaquitas intercambiables específicas

La operación de mandrinar requiere dos pasadas de corte, una a profundidad limitada de 3 mm, a la mitad de la longitud del agujero. En la segunda postura, la profundidad es de 5 mm y en esta postura se realiza el refrentado saliendo desde el agujero. Se elige una plaquita CNMG con una geometría más positiva KM para minimizar las vibraciones y montada sobre una barra T-Max P.



Las ventajas que ofrece una plaquita con aplicación específica para el grupo de materiales (K), en el que interviene la fundición y las irregularidades propias del sistema de moldeado, se ilustra con este ejemplo. La importancia de un adecuado ángulo de posición, que tome más suavemente la pasada de corte a lo largo de todo el filo y evite la rotura de los bordes en el momento de la salida. La guía de selección CoroKey recomienda las geometrías KR para desbastar y la KM para un uso más general combinadas con la calidad GC 3015.

# Torneado de una rueda forjada

## Típica pieza de acero

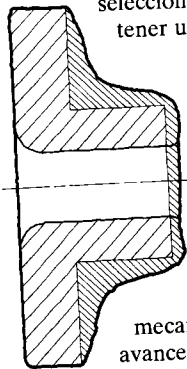
En el presente ejemplo se muestra una típica pieza de acero forjado que tiene que ser mecanizada con la exigencia de un acabado superficial específico. Este es un caso frecuente de

una pieza que puede hacerse para una rueda dentada o un tipo de brida que puede formar parte como componente de vehículos o máquinas. Normalmente suelen ser grandes series, en los que resulta interesante la optimización del proceso de fabricación. Haciendo un uso máximo de herramientas específicas, seleccionando la operación más adecuada, normalmente ello lleva a una productividad atractiva y unos resultados de calidad en la producción.

En este ejemplo, hay un típico forjado en forma de rueda. El diámetro de la forja es 92 mm, el espesor es de 78 mm y tiene un agujero central. El material es un acero aleado (CMC 02.1) con una dureza de HB160.

## Exigencias del perfil

El forjado requiere desbaste y acabado, con un torneado en copia a lo largo de los diámetros más pequeños exteriores. Para la selección de las herramientas, debe tener un ángulo de punta versátil que permita dos direcciones de avance, para cilindrar y refrentar. Las exigencias de la operación, sin embargo, indican que se necesita una herramienta para desbastar y otra para mecanizar en acabado y ambas deben tener la posibilidad de mecanizar en dos direcciones de avance.

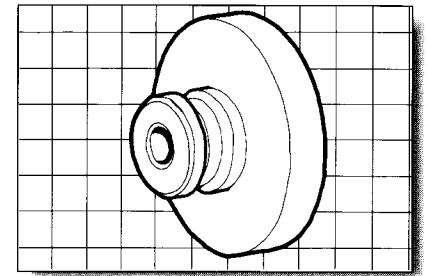
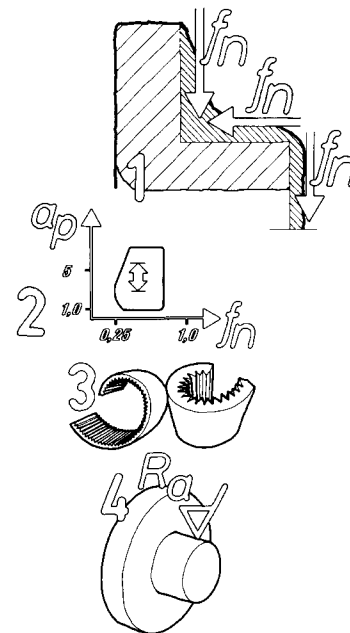


El segundo factor en este ejemplo son las variaciones de la profundidad de corte cuando la pieza forjada es cilindrada y refrentada. Cuando la herramienta avanza hacia el hueco que forma la escuadra o cuando refrenta hacia el centro, la profundidad de corte supera los 6 mm.

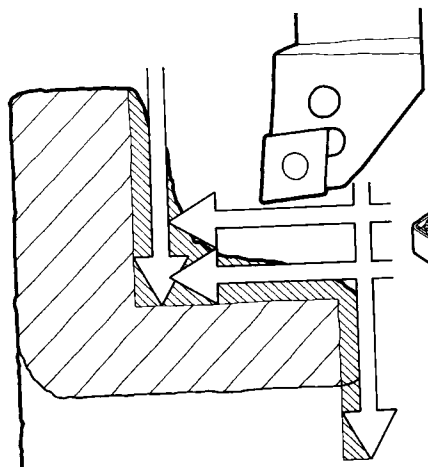
El tercer factor es la rotura de viruta. Mantener una satisfactoria rotura de viruta

lo mejor posible es vital en el mecanizado de este tipo de piezas. Estas son con frecuencia realizadas con datos de corte óptimos, en grandes series y con una mínima supervisión de operario. Esto quiere decir que el control de viruta es fundamental.

El estado superficial es normalmente crítico cuando se realizan estos tipos de componentes. En este caso el acabado superficial tiene una exigencia de Ra 3,2 micras a lo largo del diámetro menor, así como en la escuadra.



# Torneado de una rueda forjada

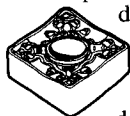


## Exigencias sobre el filo de corte

Para el torneado de piezas en desbaste, el ángulo de 80 grados de punta con un ángulo de 95 grados de posición es la elección más lógica para realizar las operaciones de cilindrar y refrentar. Se obtiene una gran versatilidad con una buena resistencia de filo. El portaplaquitas PCLNL que puede montar una plaquita de 12 mm de longitud de filo, es la más apropiada para las exigencias de profundidad de corte en esta pieza. La guía de selección CoroKey indica la plaquita CNMM, para desbastar, en combinación con una geometría de corte PR y calidad de metal duro GC4035 para afrontar las exigencias de las operaciones en acero.

La gama de posibles plaquitas aplicables para el torneado de acero necesita de una cuidadosa consideración en relación a opera-

ciones donde la profundidad de corte se incrementa con valores sustanciales, creando unas exigencias considerables sobre el filo de corte aplicado. Estas son especialmente las condiciones en el caso del mecanizado dentro del hueco de una escuadra de una pieza forjada. Se necesita conseguir un filo de corte resistente combinado con una acción de filo suave.



Los beneficios obtenidos en el refrentado entrando superan a los del refrentado saliendo, en las operaciones de torneado especialmente interesantes las mejoras que se obtienen en el control de viruta. Con el avance hacia el centro de la pieza en el refrentado se evita una problemática ancha y delgada viruta.

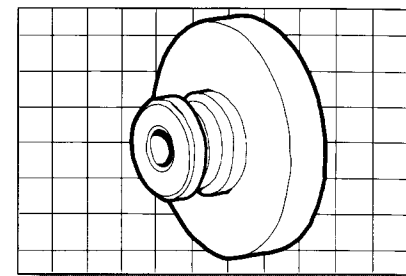
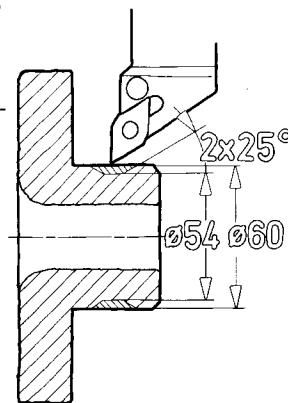
## Acabado con una plaquita específica

Para el acabado y para las operaciones de copiado con penetración, se requiere una plaquita capaz de mecanizar en dos direcciones y de copiar. Un ángulo de punta de 55 grados es capaz de realizar esta combinación, con un filo de corte provisto de una buena resistencia y una capacidad de copiado.

En las operaciones de copiar con subidas y bajadas a 25 grados se requiere una suficiente incidencia para la plaquita que ha de salir y entrar. La profundidad de corte varía tanto como lo hace el avance, requiriendo un radio de punta de 0,8 mm como mínimo para una seguridad en la producción. Una buena elección es una plaquita DNMG con la geometría universal PM y la calidad de metal duro GC4025.

Para obtener una alta calidad de acabado, se recomienda una geometría de acabado específica para acero, combinada con una calidad de cermet también específica para acabados, siempre que los datos de corte avance y profundidad sean limitados. Se debe usar la plaquita DNMG con una geometría de corte PF y una calidad de metal duro GC1525, con un radio de punta de 0,4 mm con lo que podremos satisfacer las especificaciones del diseño y eliminar las posibles rebabas, con un buen control de viruta y un buen acabado superficial, a lo largo de la vida del filo y a una alta velocidad de corte.

Este ejemplo ilustra los beneficios de una plaquita específica en la obtención de una alta productividad y una alta producción en el mecanizado de piezas de acero forjado. Para obtener los mejores resultados, especialmente cuando las series de piezas son grandes, las operaciones deberán realizarse con herramientas especializadas en capacidad. Esto proporciona las mejores condiciones de optimización, eliminando producciones más bajas económicamente debido a compromisos con las herramientas.

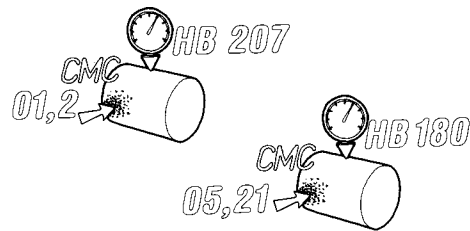


# Tronzado de barras y tubos - acero y acero inoxidable

## Máximo Rendimiento

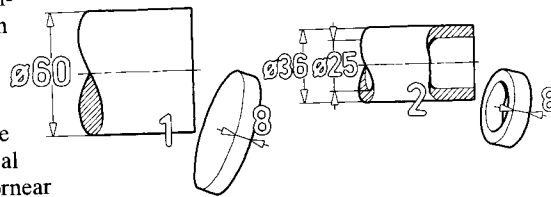
Este ejemplo de mecanizado muestra los factores básicos concernientes al tronzado de barras y tubos. Hay varios en las operaciones de tronzado que son cruciales para obtener con éxito los mejores resultados y para hacer un buen uso de los medios de producción disponibles. El tronzado es una operación frecuente en la que es bien valorado el esfuerzo del máximo rendimiento y la reducción de la cantidad de material que se desperdicia en cada corte.

Las piezas son normalmente mecanizadas sobre el material de la barra en donde se realizan varias operaciones siendo después cortadas. El corte de piezas en bruto sobre el torno es el método más eficiente y en el que se puede ahorrar más cantidad de material de la pieza. Como las herramientas de torner generalmente, las herramientas de tronzar y ranurar han sido extensamente desarrolladas para mejorar las características necesitadas para cuando la herramienta penetra radialmente hacia el centro de la pieza.



## Acero y acero inoxidable

Los materiales usados para las piezas en estos ejemplos de tronzado son, el primero un acero al carbono (CMC 01.2), con una dureza de HB 207. En segundo lugar se corta un acero inoxidable austenítico (CMC 05.21) en barra y en tubo. La barra es de 60 mm de diámetro, y se corta en discos de 8 mm de espesor. El tubo tiene de diámetro exterior 36 mm y de interior 25, también se corta en anillos de 8 mm de espesor.

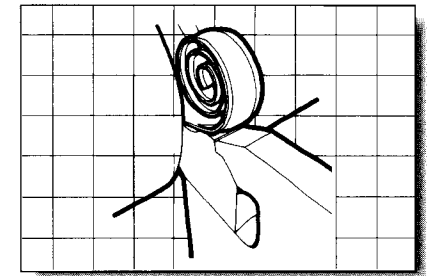
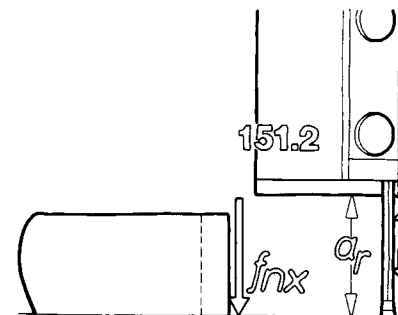


En el primer caso, concerniente a la barra, se ha seleccionado una herramienta de cortar que tiene una longitud de lama (ar) para alcanzar una profundidad de 30 mm que es el radio de la pieza. La guía de selección CoroKey sugiere emplear un útil de sujeción con el tipo de lama ajustable y un porta del tipo de mango sólido con lama integrada. En la gama completa de portas Q-Cut, hay varios tipos diferentes pero esta operación se realiza mejor con el tipo de lama ajustable, en donde la longitud de tronzado puede ser ajustada para obtener la herramienta más adecuada a los diferentes diámetros de piezas, en las que el voladizo de la herramienta debe

ser el mínimo para cada operación. El mango de la herramienta ofrece gran rigidez, especialmente cuando las caras del corte en la pieza necesitan ser torneadas en acabado para tener un buen estado superficial y un alto grado de planitud.

Esta operación está clasificada como tronzado en desbaste y el tipo de lama ajustable ofrece una buena rigidez, para altos rangos de avance (fnx) para grandes diámetros de barras, mediante grandes alturas de lamas. La Q-Cut del tipo 151.2 se elige también como herramienta de uso general para otras operaciones.

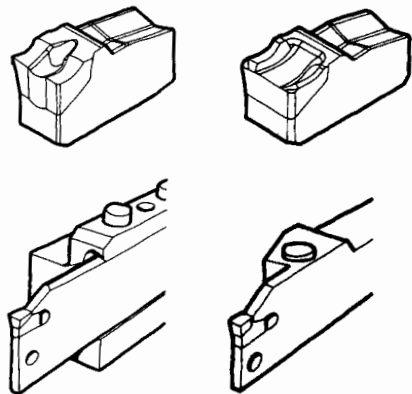
El porta necesita una plaquita adecuada para la operación, una plaquita adecuada a las demandas de alta productividad con un filo de corte robusto. Entre la gama Q-Cut la guía CoroKey recomienda dos: 4E para una alta productividad con un filo robusto y resistente y 5E con un filo agudo para cuando las fuerzas de corte deben ser limitadas en determinadas operaciones o cuando estas se realicen sobre acero inoxidable.



# Tronzado de barras y tubos - acero y acero inoxidable

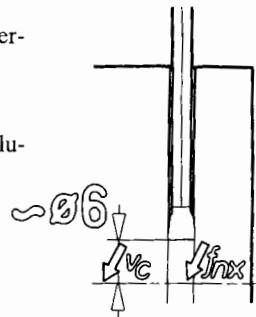
## Seguridad de producción

La plaquita con geometría de corte 4E es la más adecuada en este caso, para barra de acero, combinada con una tenaz calidad de metal duro GC235, que da un alto nivel de seguridad de producción, con una moderada velocidad de corte. Para acero inoxidable, se elige la geometría de filo vivo 5E. La anchura de la plaquita representa la cantidad de material a mecanizar, entre cada disco cortado y es de un interés general minimizar esta anchura. Esto, por consiguiente ha de ser un compromiso de equilibrio con la resistencia de la plaquita. El valor del avance para empezar es de 0,15 combinado con una velocidad de corte de 115 m/min (100/0,1 para acero inoxidable). La operación de tronzar se puede optimizar usando varias gamas de combinaciones de velocidad de corte y avance de las indicadas en la guía CoroKey.



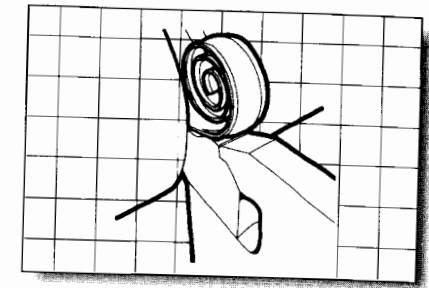
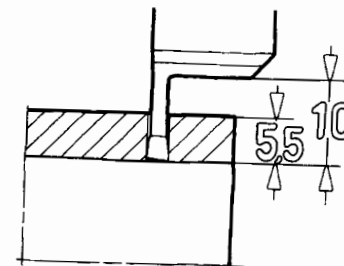
Hay tres diseños diferentes de filos de corte en las plaquitas para tronzar: una neutra, una arista recta con ángulo frontal cero y otras con ángulo a derecha o izquierda, con una inclinación de arista de 5 grados. En el presente caso se elige el tipo de plaquita neutra (N) ya que con ella se obtiene el filo de corte más robusto y mantiene la mayor rigidez sobre la lama portaplacas. Las fuerzas de corte actúan en dirección a la lama y el porta, no dando lugar al incremento de efectos innecesarios que pudieran hacer que la herramienta se desviara. También el tetón central se minimiza con la plaquita neutra.

Con el ánimo de conseguir una alta productividad en las operaciones de tronzar en una barra de gran diámetro, la gama de avances necesita ser mantenido a un nivel bastante alto. Sin embargo, justo antes de llegar al centro, se recomienda que el valor del avance se reduzca. Esto es porque la velocidad de corte se reduce progresivamente. Las máquinas CNC pueden compensar esta disminución de diámetro incrementando el número de revoluciones del husillo hasta un determinado nivel, pero para mantener la velocidad de corte necesaria las revoluciones deberían tender a un valor infinito a medida que la herramienta se acerca al centro.



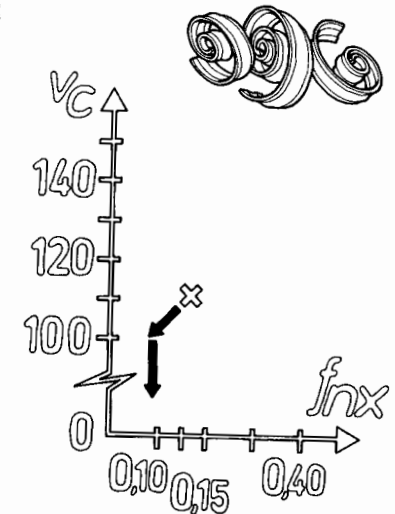
Cuando se llega a un diámetro de alrededor de 6 mm el valor del avance debe reducirse hasta 0,10 mm/rev para mantener un proceso de corte aceptable y para que el filo no soporte un excesivo esfuerzo de corte, al tiempo que el tetón remanente del centro se hará mínimo. Para acero inoxidable, el valor será menor de 0,10 mm/rev.

Para tronzar anillos de un tubo de acero, la longitud de la lama debe ser considerablemente menor, en este caso la diferencia entre los radios exterior e interior es justo de 5,5 mm. Se puede usar un porta con una lama más corta del tipo de mango integral para lograr una máxima estabilidad. Frecuentemente este tipo de operaciones se realiza en grandes series, lo que hace que merezca la pena elegir una herramienta específica para una productividad y seguridad en la producción.



## Compensación

Deberá mantenerse la velocidad de corte y se llevará a cabo la reducción del avance para lograr un satisfactorio proceso de corte.



# Tronzado de barras y tubos - acero y acero inoxidable

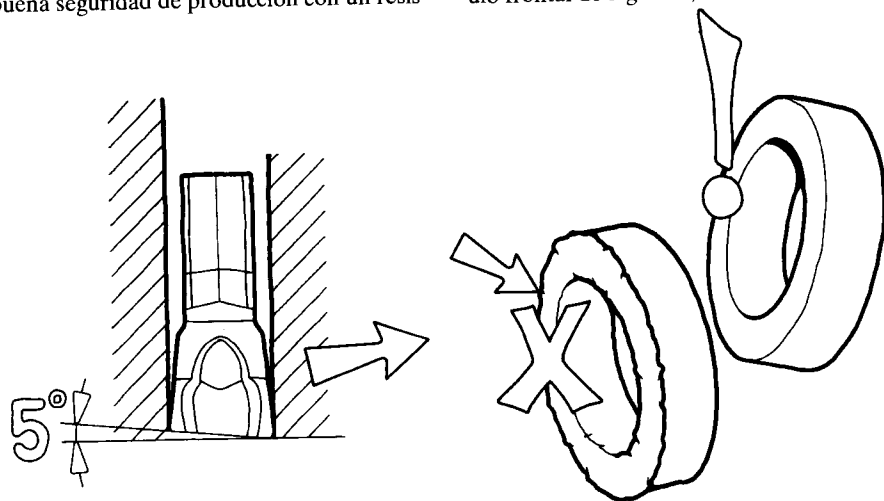
## Aplicación correcta

Se elige la herramienta Q-Cut del tipo 151.2, con tornillo para amarre de la plaquita. En esta operación, debe conseguirse un buen estado superficial en las caras del anillo de 8 mm de ancho. También, la productividad debe ser máxima y la cantidad de material desperdiciado por corte debe reducirse al mínimo con el uso de la plaquita más estrecha posible.

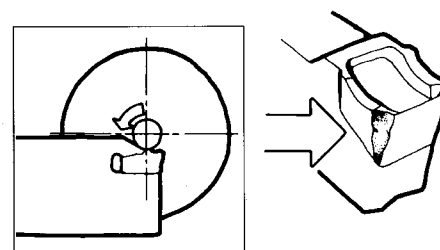
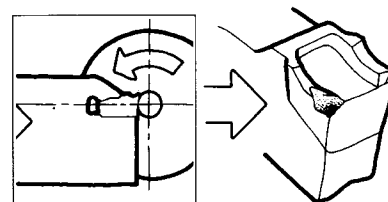
La plaquita seleccionada para esta operación por tanto es 5E (GC1025 para acero) con una geometría más positiva para unas menores fuerzas de corte y para minimizar la formación de rebabas. Esta plaquita tiene un buen nivel de control de viruta incluso a bajo régimen de avance y combinada con una calidad de metal duro tenaz, ofrece buena seguridad de producción con un resis-

tente filo de corte. Para cortar tubos de acero inoxidable, debe elegirse la geometría uniforme y aguda 5F combinada con GC1025. Debe usarse una plaquita con 3 mm de ancho con un avance de 0,08 mm/rev. y una velocidad de corte de 100 m/min, proporcionando un buen control de virutas curvadas formadas durante la operación para un fácil desalojo de las mismas.

Respecto a la selección de plaquita neutra de sentido a derecha o a izquierda, las operaciones de tronzar en tubos se realizan mejor con plaquitas que tengan ángulo frontal - inclinación del filo de corte. Cuando se cortan anillos, hay una tendencia a la formación de rebabas. Esto se puede superar normalmente con la selección de una plaquita con un ángulo frontal de 5 grados, en este caso una pla-



quita a izquierda cuando el filo de corte más cercano al anillo alcanza el centro en primer lugar, de ese modo se corta el anillo primero cortando después el material remanente que ha quedado sobre el tubo.

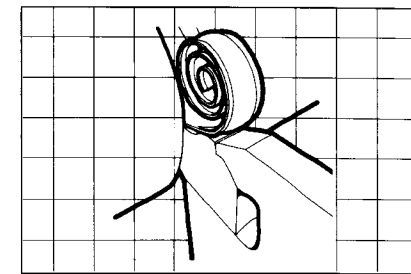


Típico patrón de desgaste (astillamiento de la esquina de la plaquita) causado por una inadecuada posición del filo por encima o por debajo de la línea de centro

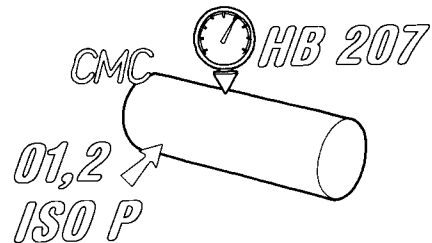
## Consideraciones en el tronzo

Generalmente, para operaciones de tronzar en la elección de la herramienta deberá considerarse las exigencias de productividad, seguridad de producción y calidad de los resultados. Deberán tenerse en cuenta algunos puntos, en relación de la elección de la herramienta, generalmente:

- para barras, será preferible una plaquita con sentido neutro sin ángulo de filo frontal
- seleccionar el portaplacas con las mayores posibilidades y con la lama de menor voladizo posible
- el objetivo de elegir la plaquita más estrecha posible sin arriesgar la seguridad de producción
- asegurar que la posición de la herramienta en altura coincide exactamente con la línea de centro
- asegurar que la posición de la herramienta es perpendicular al eje de la pieza
- es importante un suministro de refrigerante bien dirigido a la zona de corte.



# Torneado del perfil de un árbol



## Copiado en CNC

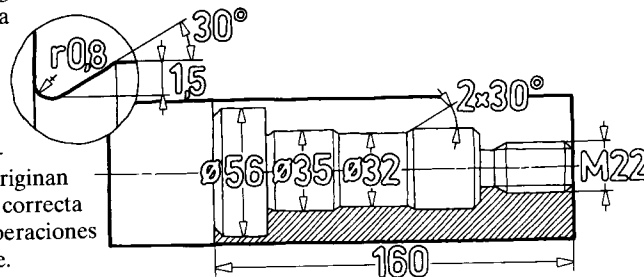
Este ejemplo ilustra la elección de herramientas y plaquitas para una operación de perfilar. Esto ha sufrido un cambio muy especial desde que se torneaba en copia en los tornos copiadore convencionales. Hoy, la mayoría de las operaciones de copiar se realizan en los tornos modernos CNC, pero permanecen las exigencias sobre el filo de corte en las entradas y salidas copiando, así como durante los vaciados de rebajes. En la selección de herramientas, para desbastar, torneado en acabado y perfilado se necesita la consideración de los factores citados. Frecuentemente, ha de ser aplicado un tornillo roscado y la pieza ha de ser cortada de una forma eficiente.

Ejes de acero, en diferentes configuraciones, son las piezas más comunes a mecanizar. Normalmente, estos son mecanizados partiendo de material en barras, dentro de varias especificaciones, resistencia y dureza. Las variaciones de la sección de diámetro y los rebajes originan exigencias para determinar la correcta herramienta a aplicar si las operaciones han de ser realizadas eficazmente.

En el ejemplo actual, ha de hacerse un eje de acero, de baja aleación, acero al carbono (CMC 01.2) con una dureza de HB207. La longitud es de 165 mm y la pieza en bruto tiene un diámetro de 60 mm. Han de ser mecanizados un número de diámetros diferentes a lo largo de toda su longitud, 56, 35, 32 y uno roscado a M22 en un extremo. También han de hacerse chaflanes a 30 grados, con buen acabado superficial.

Estos tipos de árboles y ejes se están incrementando también en acero inoxidable. Otro ejemplo es además para este árbol en acero inoxidable austenítico (CMC 05.21) con una dureza de HB 180.

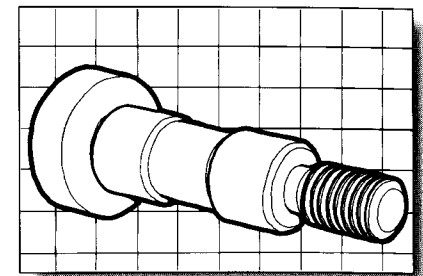
Las trayectorias de la herramienta que interviene son sencillas, con varias pasadas, a lo largo de toda la longitud del árbol como parte del desbaste, y un refrentado saliendo. El perfilado en desbaste es además realizado para conformar los distintos diámetros, rebajes y chaflanes. El acabado se realiza después para obtener precisión y buen acabado superficial. Finalmente tienen lugar



el roscado, acabado y tronzado. Partiendo de estas trayectorias de herramienta, han sido establecidas las más adecuadas del programa existente de portas y plaquitas intercambiables.

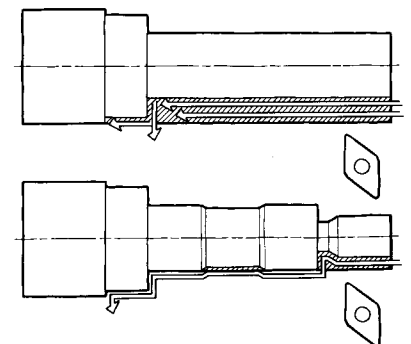
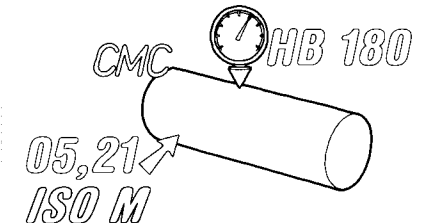
Considerando las dos operaciones de desbaste que deben realizarse al empezar, es necesaria una herramienta con la eficiencia suficiente para descargar la pieza de material en un torneado longitudinal. En un mínimo de pasadas, la herramienta ha de mecanizar la pieza en bruto desde 60 mm hasta 35 mm de diámetro dejando las correspondientes creces para acabar. Con un porta T-Max P, este se realiza en dos pasadas con una profundidad de pasada por encima de 5 mm. La herramienta además ha de refrentar saliendo y mecanizar los diámetros grandes del árbol. Se puede dar en la primera pasada una profundidad de corte de 6 mm siguiendo después con pasadas más pequeñas, ya que el árbol se hace cada vez más delgado y pierde rigidez haciendo el proceso menos estable.

Después, será válida la misma herramienta para perfilar el árbol en desbaste, conformando los rebajes y chaflanes que constituyen la transición entre diámetros. Es necesaria la capacidad de copiar, para una herramienta que ha de realizar copia entrando con un ángulo de 30 grados y profundidad de 1,5 mm.



## Acero inoxidable

Cuando se mecaniza acero inoxidable, se deben aplicar consideraciones similares, con la diferencia de elegir la geometría de corte, la calidad de metal duro y datos de corte. Deberá aplicarse refrigerante.



# Torneado del perfil de un árbol

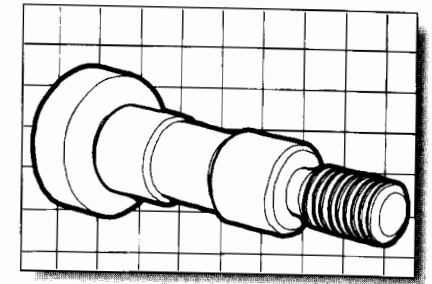
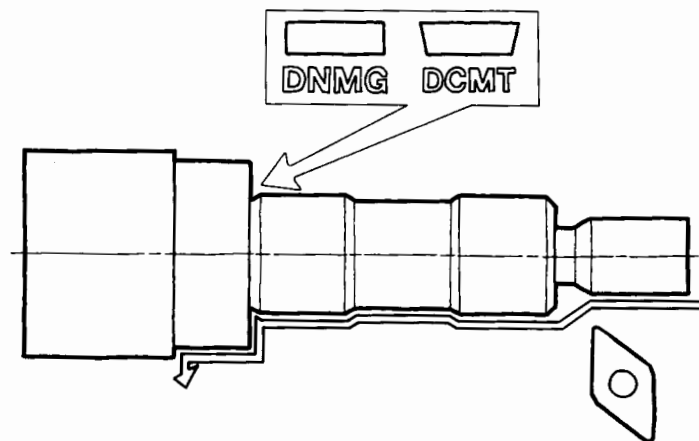
Debe elegirse una plaquita con un ángulo de punta de 55 grados, capaz de realizar esta tarea. La plaquita de 80 grados es probablemente una elección más natural para cilindrar y refrentar pero con el perfil que se ha de hacer, se necesita la plaquita de 55 grados. Representa un pequeño compromiso en resistencia a cambio de ganar en capacidad de herramienta, para una operación que ha de ser realizada con una sola herramienta. Es seleccionada una plaquita DNMG con 15 mm de longitud de filo, radio de punta de 1,2 mm, con geometría de corte PM y calidad de metal duro GC4025, ya que hay en la operación unas exigencias de tipo medio.

## Ángulo de incidencia en el perfilado

Un importante factor de diseño en las herramientas de corte es el ángulo de incidencia. La incidencia se necesita en el flanco lateral de la plaquita donde la pieza y una parte del

filo se tocan antes de involucrarse en el corte. Si este ángulo es insuficiente, se genera un exceso de fricción, con gran cantidad de calor generado y con un rápido desgaste como resultado. Si el ángulo de incidencia es demasiado grande, el filo se debilita por ganar una excesiva agudeza y una sección transversal más estrecha. La forma negativa básica de la plaquita es la mayor sección transversal con la consiguiente robustez y seguridad, pero al ser montada inclinada en el portaplacas proporciona, normalmente, 6 grados de incidencia.

Una plaquita con forma básica positiva en la sección transversal tiene la incidencia incorporada y capacidad de un gran ángulo (7 grados normalmente) y la cual es necesaria para mandrinados y para ciertas operaciones de perfilar.



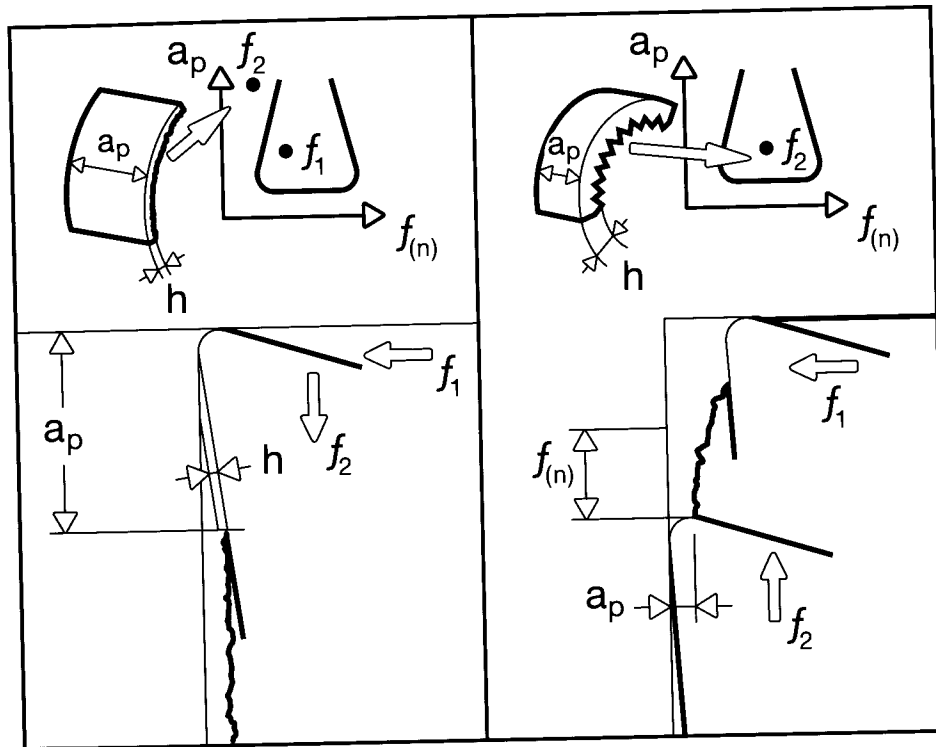
Copiar entrando es una exigencia normal en las operaciones de perfilar. La máxima entrada en copia está determinada por el ángulo de punta de la herramienta y por el ángulo de posición de la misma. El ángulo de incidencia entre la zona de rozamiento del filo y la pieza debe ser lo suficiente para obtener un aceptable acabado superficial y duración de filo (un mínimo de 7 grados).

Las plaquitas positivas tienen mejor incidencia a lo largo del filo y en el radio de punta y de ese modo tiene mejor acción de corte durante la copia entrando que las plaquitas negativas. Estas sin embargo son capaces de hacer un mejor acabado en este tipo de operaciones.

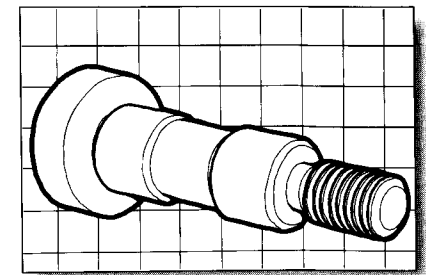
Para las operaciones de perfilar en acabado, se escoge una plaquita DCMT para ser montada sobre un porta T-Max U, dando una gran versatilidad de avance, siendo también altamente adecuada para perfilar. Estas generalmente aporta las ventajas de una plaquita positiva para entrar en copia y generar una precisión y un buen acabado superficial. Con una profundidad de corte de 1 mm, se selecciona una plaquita con geometría de corte UM combinada con una calidad GC4025, ya que durante el perfilado hay la exigencia de controlar la viruta. Se elige también que la plaquita tenga una longitud de filo de 11 mm y el radio de punta de 0,8 mm.



# Torneado del perfil de un árbol



Herramienta avanzando hacia dentro y hacia fuera, en relación a la línea de centro, respectivamente. La formación de la viruta es distinta en un caso y otro, el avance hacia dentro es más favorable.



## Torneado de roscas y acabado

Finalmente, tiene lugar el torneado de la rosca en el extremo del árbol, seguido del acabado y chaflanado. Se realiza una rosca M22 con 1,5 mm de paso mediante el mecanizado con una herramienta T-Max U Lock con una geometría universal en calidad GC1020. La rosca se realiza con una plaquita de perfil completo entrando de flanco en 6 pasadas.

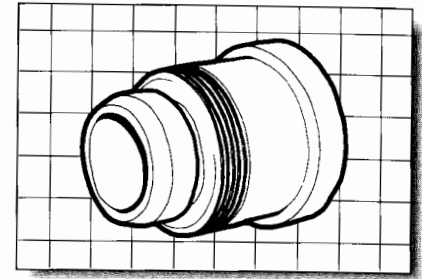
Se realiza una operación de acabar y desbarbar con una plaquita T-Max U VBMT con geometría UM en calidad GC4025 con una profundidad de corte de 0,5 mm. Seguido de una pasada de acabado de la rosca con la herramienta de roscar, eliminando rebabas, dejando la rosca totalmente terminada. La operación final es el tronzado de la pieza terminada desprendiéndola de la pieza original en bruto. Para ello se utiliza una plaquita Q-Cut geometría 4E con calidad GC235, el corte y los chaflanes se realizan en una combinación de tres pasadas.

## Control de viruta en el perfilado

Saliendo en copia, el control de viruta se ve perjudicado con el ángulo de posición ya que el filo empaña en una gran longitud. Ajustando la profundidad de corte y el avance se puede temporalmente llevar la herramienta fuera de su rango de aplicación definido por la combinación de profundidad/avance. Es necesario conseguir un equilibrio para obtener el mejor resultado. También, cuando la herramienta avanza hacia una escuadra en la pieza, la profundidad de corte puede aumentar dramáticamente. Esto exige una plaquita con suficiente longitud de filo y resistencia y un portaplaquetas con un adecuado ángulo de posición.

El control de viruta también se deteriora, especialmente cuando se refrenta saliendo, como la profundidad de corte es excesivamente grande y el espesor de viruta es muy pequeño, deberá considerarse la posibilidad de refrentar entrando ya que se obtendrá un proceso de corte más aceptable.

# Mecanizado de un casquillo partiendo de barra de acero

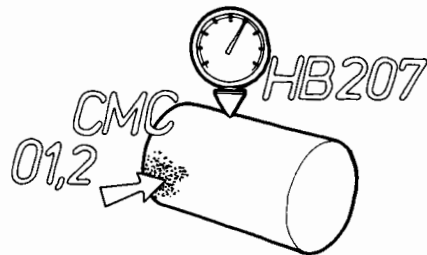


## Torneado ligero

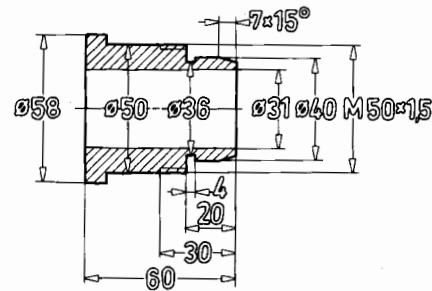
Este ejemplo es una típica pieza para un torno CNC, conteniendo diferentes tipos de operaciones: torneado en desbaste, acabado, taladrar, mandrinar, ranurar, roscar y tronzar. Aquí, para un uso más ligero se puede utilizar una plaquita mas económica la de tipo trigonal WNMG, una alternativa altamente ligera para una operación con menos exigencias.

Las máquinas CNC cada vez son vez más capaces con el desarrollo de tornos multi-ejes a centros de torneado y centros de torneado-fresado. Pueden realizarse combinaciones de operaciones en muchos tipos de piezas hasta en dos y tres ejes en tornos CNC ya que con frecuencia hay árboles y piezas cortas que requieren varias operaciones de mecanizado distintas.

Este casquillo está hecho partiendo de barra de acero al carbono no aleado (CMC 01.2) con una dureza de HB207. La barra en bruto tiene un diámetro de 60 y una longitud de 105 mm. Esta es amarrada para el mecanizado en un plato automático de un torno CNC.

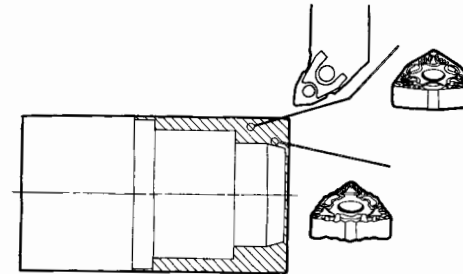


La operación requiere el arranque de gran cantidad de material y el objetivo es realizar cada operación con la mayor eficiencia y economía. Sin embargo los lotes o series de fabricación no son demasiado grandes.



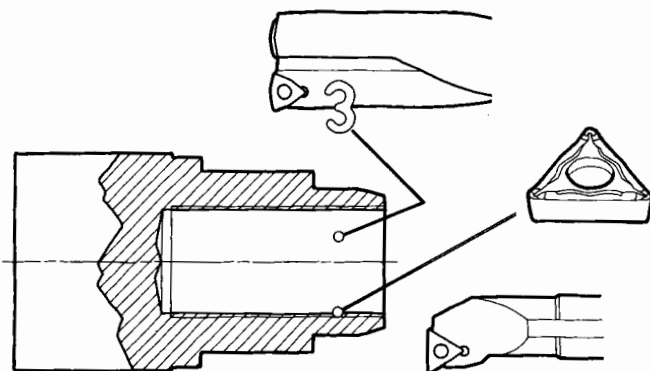
Comienza el mecanizado con un desbaste que aproxima las medidas de los diferentes diámetros así como el refrentado del extremo de la pieza. La herramienta, no obstante, deberá ser capaz de mecanizar en dos ejes. La guía de selección CoroKey indica una plaquita con un ángulo de punta de 80 grados con filo robusto y además versátil para las demandas operacionales en cuestión y como geometría de corte apropiada PM con calidad de metal duro GC4015. Las condiciones en este caso son buenas en relación al desbaste de acero ya que la mayor resistencia al desgaste de la calidad elegida es satisfactoria, usando alta velocidad. Son necesarias algunas correcciones de la velocidad de corte ya que la dureza del material es superior al indicado en la guía con HB 180.

La plaquita del tipo WNMG es la más económica, una plaquita más pequeña y varios filos de corte. No tiene la longitud de filo ni la robustez que la CNMG con 80 grados de ángulo de punta pero en desbastes ligeros puede ser una alternativa cuando se tiene que tener en cuenta el costo por filo.



Para el mecanizado en acabado del perfil exterior de la pieza, la plaquita de doble cara WNMG es otra vez la más adecuada. La selección de condiciones medias para la geometría de corte PF con calidad GC4015 utilizada con un avance promedio de 0,2 mm/rev y una profundidad de corte de 0,5 mm es una buena alternativa. Se requiere un estado superficial de Ra 3,2 micras.

# Mecanizado de un casquillo partiendo de barra de acero



## Taladrado de la pieza

Lo siguiente, es el interior que se realiza taladrando. Se hace un taladro a una profundidad de 62 mm con una broca Coromant U de diámetro 30 mm. De la gama que presenta la guía CoroKey se selecciona una broca capaz de profundizar tres veces su diámetro. La primera elección de plaquita es la combinación de geometría de corte 53 con calidad GC1020, para ambas plaquitas, central y periférica. El tipo de plaquita WCMX permite un rango de avance que empieza en 0,12 mm/rev y una velocidad de corte de 160 m/min. El control de viruta se puede optimizar mediante el ajuste de la combinación de avance y velocidad de corte.

El agujero taladrado es torneado con un alto grado de acabado con una barra T-Max U, con 16 mm de diámetro y 90 grados de ángulo de posición. Monta una plaquita TCMT con una geometría de corte UM y calidad de metal duro GC4015. Ha sido elegida una

geometría resistente para una seguridad de productividad, con una calidad resistente al desgaste. Teniendo en cuenta el alto grado de dureza del material de la pieza y el valor del avance de 0,2 mm/rev, la velocidad de corte ha sido seleccionada a 275 m/min. La profundidad de corte de 0,6 mm.

## Ranurado, roscado y tronzado

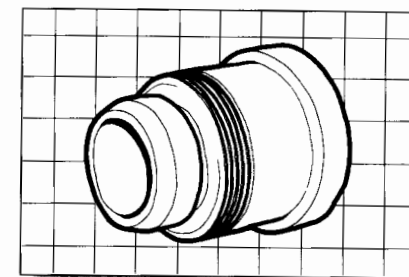
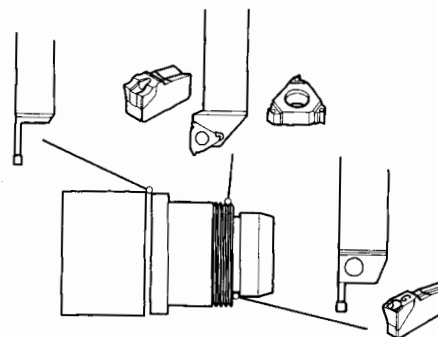
Se realiza una operación de ranurar para hacer una canal de 4 mm de ancho, antes de tornejar la rosca. Se utiliza un mango porta-plaquitas Q-Cut con tornillo para el amarre de la plaquita, seleccionado de la guía CoroKey como primera elección: tipo 151.22. La plaquita para ranurar como primera elección con geometría 5G en calidad GC4025, un fiable y suave filo de corte.

El roscado también se efectúa con la ayuda de la guía CoroKey seleccionando una geometría de plaquita de tipo universal y

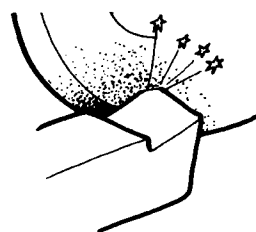
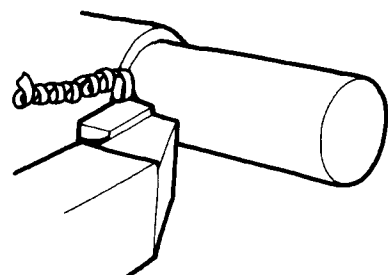
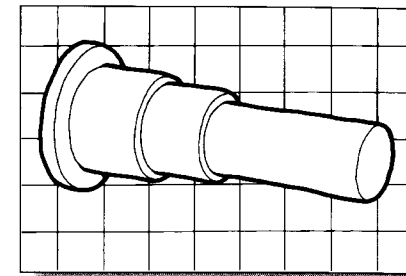
una calidad GC1020. Se realiza el perfil completo de M50 x 1,5 mediante 7 pasadas.

Finalmente la pieza se corta con una herramienta Q-Cut del tipo mango. Se usa una plaquita con geometría de corte 5E con calidad GC235, tipo neutra (con cero grados de ángulo frontal).

Esta pieza contiene una relación de equipamiento como los necesarios para muchas piezas típicas para máquinas CNC, hechas con frecuencia en series pequeñas. La mayoría de las herramientas se corresponden con la primera elección indicada por la guía CoroKey, con ligeras correcciones de ajuste para optimizar la operación. Productividad, seguridad de producción y calidad de la pieza han sido tenidos en cuenta conjuntamente a la hora de hacer la selección de las herramientas para satisfacer los tres criterios.



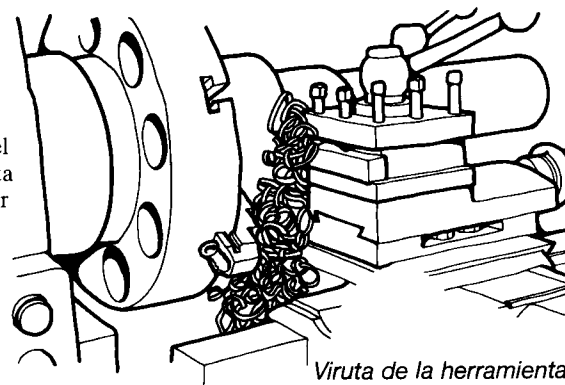
# Torneado de un árbol con herramienta soldada o plaquita intercambiable



## Desarrollo del mecanizado - antecedentes

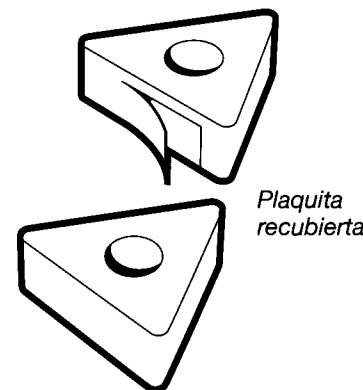
La herramienta soldada fue el primer tipo de herramienta de corte con metal duro introducida en los años 40. Con una plaquita soldada sobre un mango de acero, la herramienta dio una dureza, resistencia al desgaste del filo el cual podría ser afilado después. Fueron incorporados a la herramienta diferentes ángulos de posición, ángulos de corte, radios de punta y rompevirutas mediante el afilado. Entonces, la herramienta soldada representaba un paso adelante en rendimiento respecto a las herramientas precedentes, la mayoría en acero rápido.

Teniendo que ser soldada sobre el asiento, significaba que la plaquita de metal duro tenía que satisfacer ciertas necesidades que no estaban de acuerdo con los requerimientos de la máquina. De alguna forma, las herramientas soldadas tenían unas limitaciones respecto al desarrollo del rendimiento del

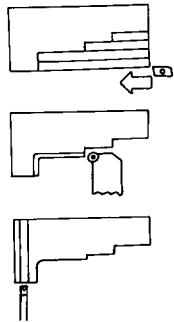


metal duro. Al tiempo que fueron introducidas en los años 60, la herramienta soldada llegó a ser desplazada por la plaquita intercambiable con un buen mecanismo de sujeción y un prensado y un desarrollo en el prensado. Con la llegada de las plaquitas de metal duro intercambiables, se produjo un gran avance en el rendimiento y en la duración del filo, de manera que la herramienta soldada fue desplazándose poco a poco.

La introducción de las plaquitas intercambiables, aportaron una drástica reducción de los costos de herramienta y del mecanizado dentro de grandes áreas de mecanizado tanto de torno como fresado. Fueron eliminadas costosas operaciones de reafileado y los reglajes de herramientas se eliminaron. Cuando los filos no necesitaron ser reafileados, las rígidas demandas de metal duro homogéneo no fue necesaria y esto inició el camino del método para la aplicación de una capa de recubrimiento resistente al desgaste sobre un núcleo de metal duro tenaz.



# Torneado de un árbol con herramienta soldada o plaquita intercambiable



## Ejemplo de torneado

En este ejemplo, se torneó un árbol partiendo de pieza en bruto de acero aleado (CMC 02.1), HB 180, en un torno convencional. El mecanizado consta de una operación de desbaste con varios diámetros diferentes con dimensiones descendentes y después de una de acabado

y forma de radio entre un diámetro y un frente. Finalmente se corta.

En la preparación interviene una herramienta soldada, es una ISO 6 de desbastar y se emplea con ángulo de posición de 90 grados, realizando la operación en varias pasadas y generando largas virutas en forma de espiral.

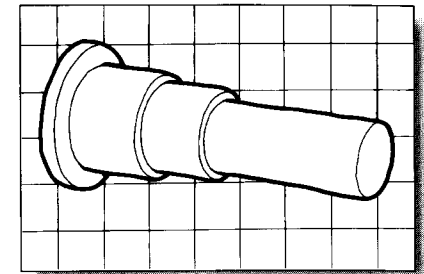
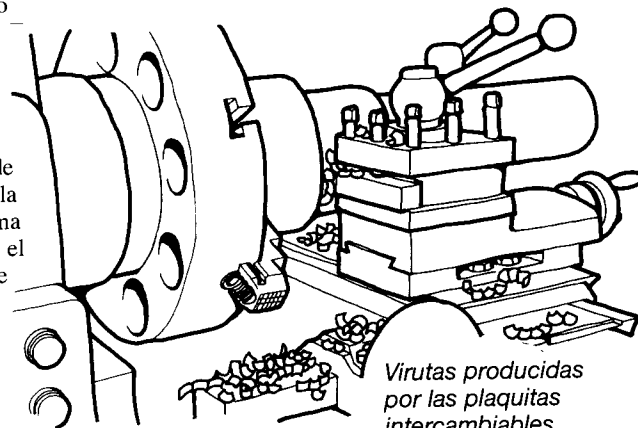
En la operación de acabar y refrentar se usa una herramienta similar pero

con un filo obtenido por afilado con un gran radio. La pasada de refrentar con una gran subida produce unas largas virutas con una gran acumulación de las mismas en la bandeja de la máquina. Se utiliza una lama de acero rápido para cortar el árbol sujeto con el plato de garras del torno.

## Herramientas modernas

En el mismo torno se hace una preparación similar, pero usando herramientas modernas con plaquita intercambiable para llevar a cabo la misma operación. Para las pasadas de desbaste se usa un porta plaquitas T-Max P con ángulo de posición de 95 grados. Se usa una plaquita WNMG con geometría PM y calidad GC4025. Para la operación de acabar, refrentar y generar el radio se usa una plaquita redonda RCMT en la misma calidad.

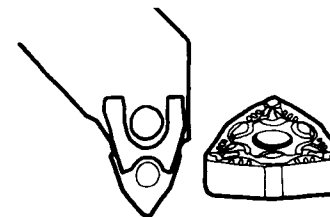
La operación de tronzar se realiza con una herramienta Q-Cut, con lama ajustable, y geometría de plaquita 4E en calidad GC235 con cero grados de ángulo frontal. Correctamente aplicadas las tres herramientas dieron un total control de viruta.



## Productividad

La comparación entre la herramienta soldada y las modernas herramientas con plaquitas intercambiables, muestran una marcada diferencia en la productividad. Al menos se obtiene el doble de producción con las herramientas de plaquita intercambiable. El control de viruta se ha visto desarrollado considerablemente y las plaquitas producen unas virutas bien troceadas a altos regímenes de mecanizado. No es admisible virutas que causen problemas con las plaquitas intercambiables.

Incluso hoy las herramientas soldadas mecanizan a velocidades de corte más bajas que las plaquitas intercambiables y tienen una duración inferior. Cuando se desgasta el filo en la herramienta soldada, ha de reafilarse para volver a darle de nuevo la geometría correcta. Frecuentemente, los rompevirutas han de ser realizados también mediante el afilado. Las plaquitas intercambiables se las cambia de filo simplemente sobre el porta. Durante el tiempo de producción previsto se mecanizan al menos dos piezas.



## Selección correcta de herramientas y datos de corte

Factores que influyen en la elección de las herramientas

Pieza	Máquina	Producción	Herramienta
Material	Potencia	Costos	Aplicación
Diseño	Rigidez	Tamaño del lote	Condiciones
Precisión/acabado	Sujeción	Tipo de plaquita	Datos de corte

Pieza: .....

Material de la pieza:  P  M  K Dureza: (HB)

.....

### Selección para cada operación

Tipo de operación (Int/.ext. etc) Sistema de herramientas necesario:  
(T-Max P, T-Max U, Q-Cut, etc) Tamaño del mango

.....

Aplicación - Geometría:  
(F, M, R) .....

Condiciones en la máquina - Calidad:  
(Buenas ○, Normales ●, Malas ●) .....

Forma y tamaño de la plaquita:  
(C, D, S, T etc. y longitud de filo) .....

Radio de punta:

	T-max U/T-Max P	
Acabado	04	08
Medio	08	08
Desbaste	08	12
	(Primera elección)	

.....

**Portaplaquitas:** .....

**Plaquita** .....

*Datos de corte*

Profundidad de corte,  $a_p$  (mm) = .....

Avance,  $f_n$  (mm/rev) = .....

Velocidad de corte,  $v_c$  (m/min) = .....

Revoluciones del husillo,  $n$  (rpm) = .....

Número de pasadas de corte = .....

Refrigerante (si/no) = .....

### *A considerar al hacer la aplicación*

Acabado superficial requerido: .....

Potencia requerida: .....

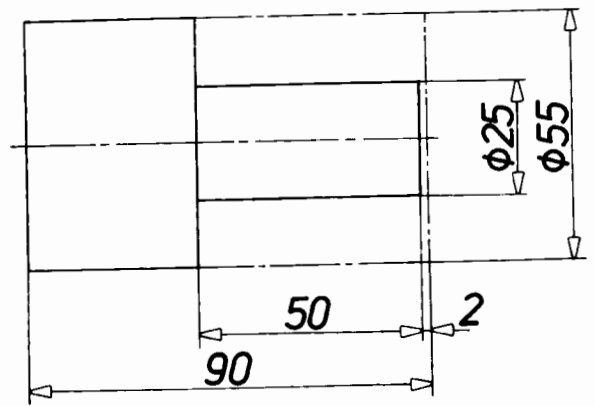
Compensación de velocidad contra duración de filo:

.....

Compensación de velocidad en  
relación a la dureza del material:

.....

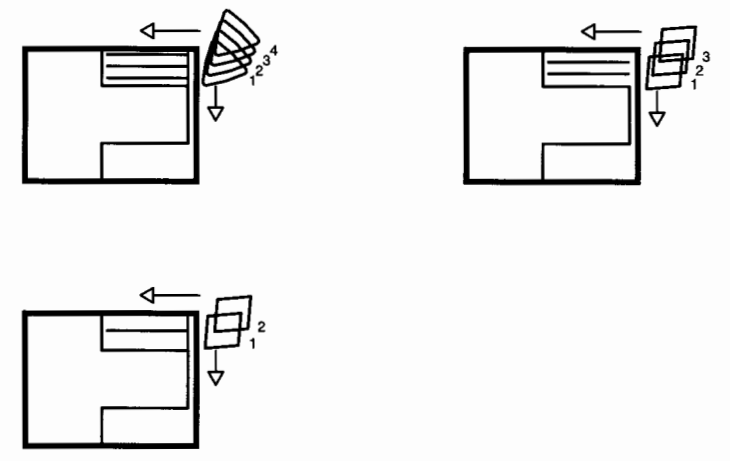
Componente Material: Acero ISO - P  
 1. Piñón de acero CMC: 02.1 HB: 180 T1



Selección de herramienta

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ● ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Plan del proceso: operaciones

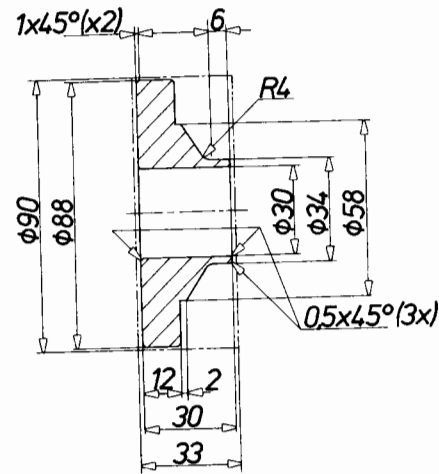


Datos de corte

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**2. Brida**

**Material:** Acero inoxidable  
**CMC:** 05.21 **HB:** 180 ISO M  
**T2**

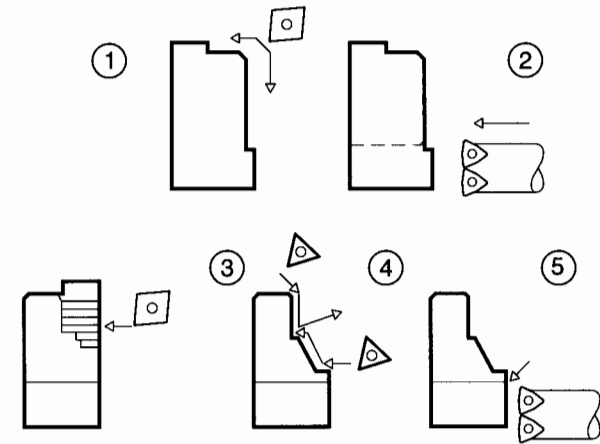


**Selección de herramienta**

Ra: 3.2

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ● ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



**Datos de corte**

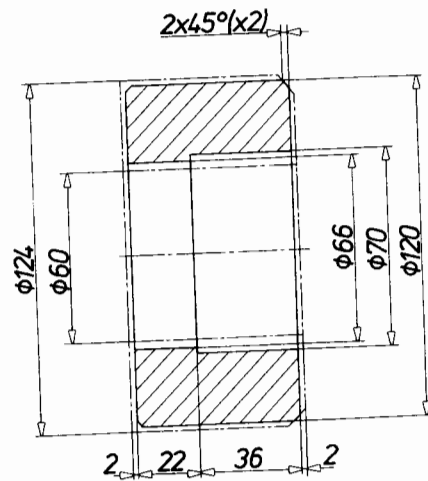
Ra: 3.2

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.



**Componente**  
**3. Anillo (fundido)**

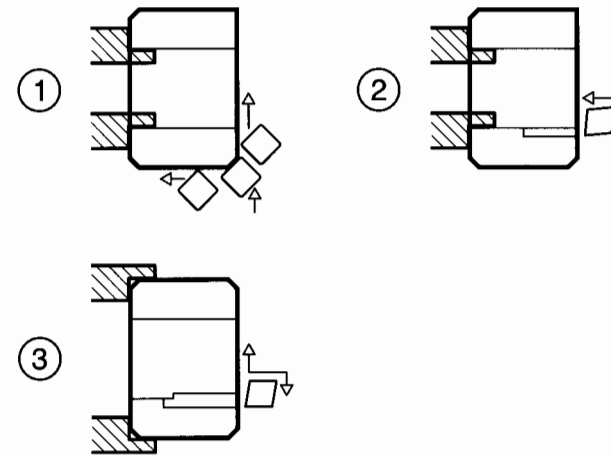
**Material:** Fundición ISO - K  
CMC: 08.2 HB: 180 T3



**Selección de herramienta**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ● ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



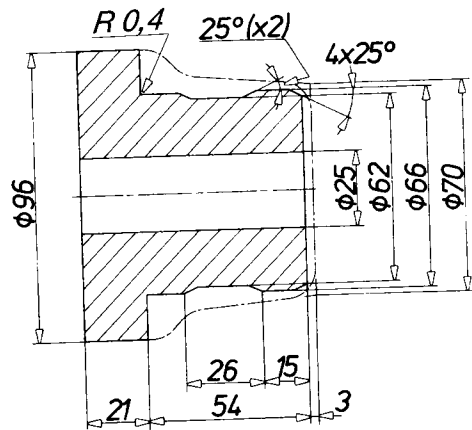
**Datos de corte**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**4. Rueda forjada**

**Material:** Acero  
**ISO - P**  
CMC: 02.1 HB: 160

T4

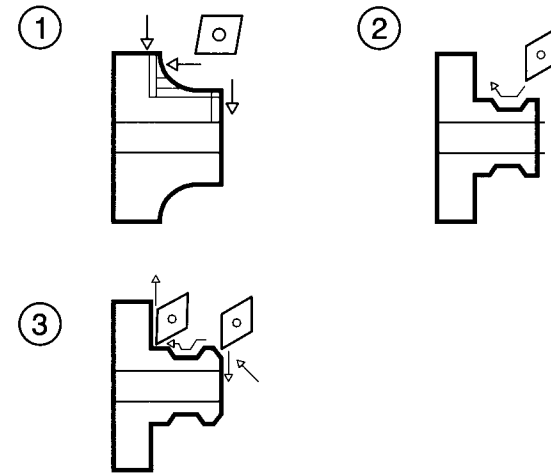


**Selección de herramienta**

Ra: 3.2

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



**Datos de corte**

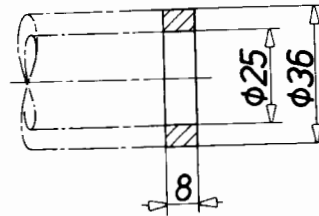
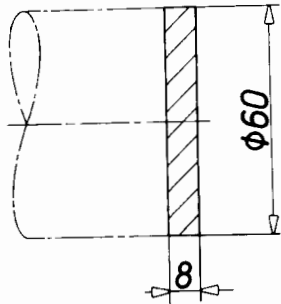
Ra: 3.2

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**5. Disco y anillo**

**Material:** Acero  
**ISO - P**  
CMC: 01.2 HB: 207 **T5**

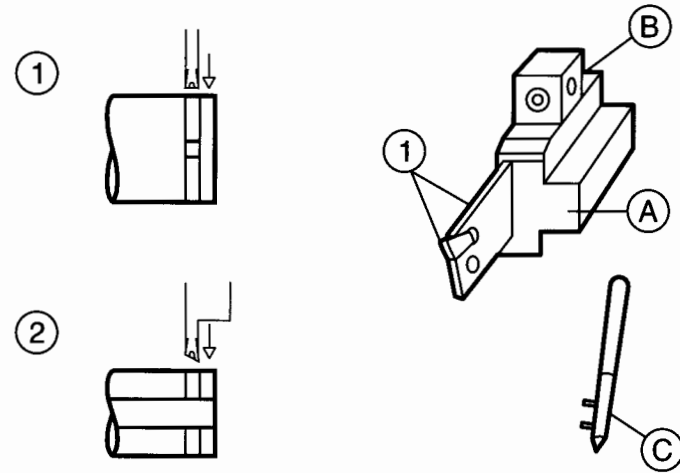
Tronzado



Selección de herramienta

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



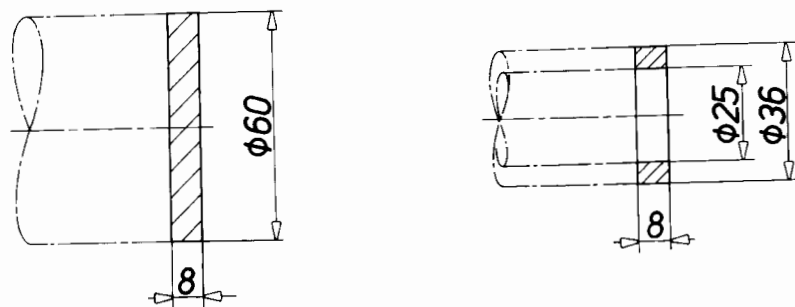
Datos de corte

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**6. Disco y anillo**

Material: **Acero inoxidable ISO - M**  
CMC: **05.21** HB: **180** T6

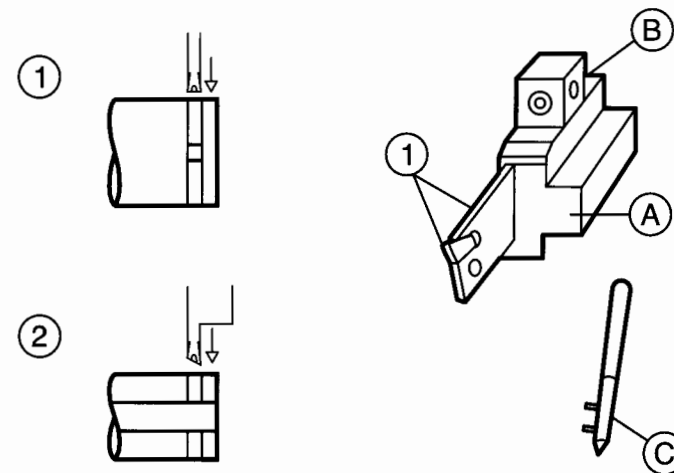
**Tronzado**



**Selección de herramienta**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



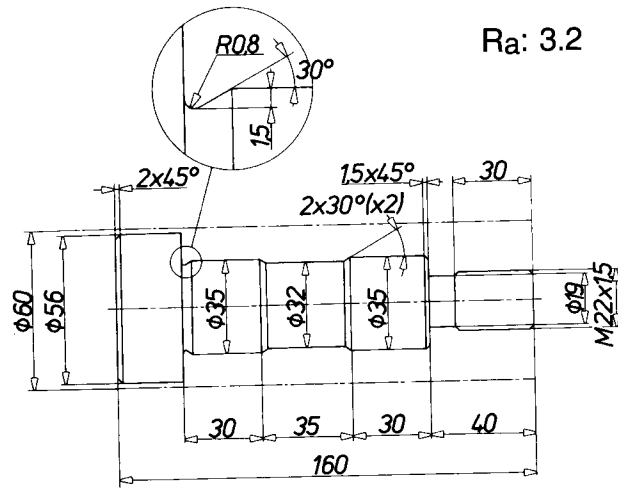
**Datos de corte**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**7. Árbol**

**Material:** Acero  
**ISO - P**  
**CMC: 01.2** **HB: 207**

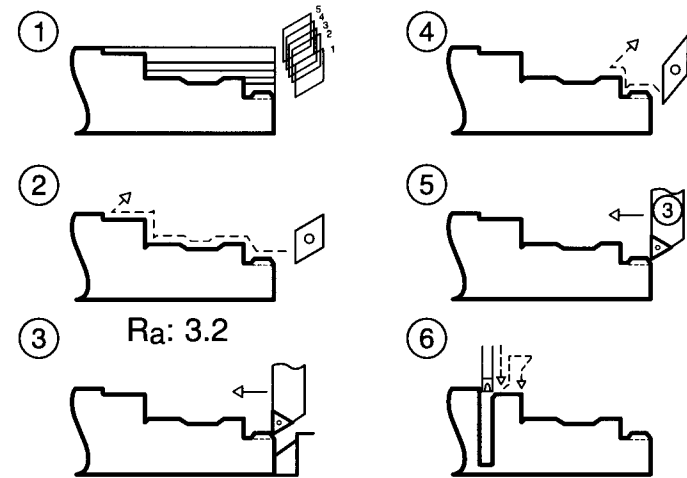
**T7**



**Selección de herramienta**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



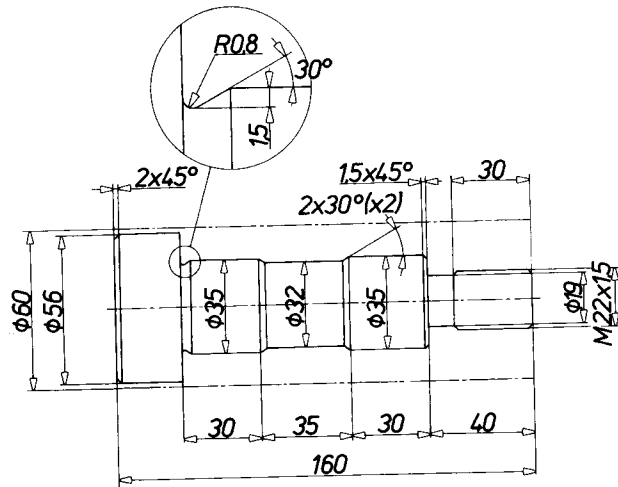
**Datos de corte**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**8. Árbol**

**Material:** Acero inoxidable  
**ISO - M**  
**CMC: 05.21 HB: 180**

**T8**

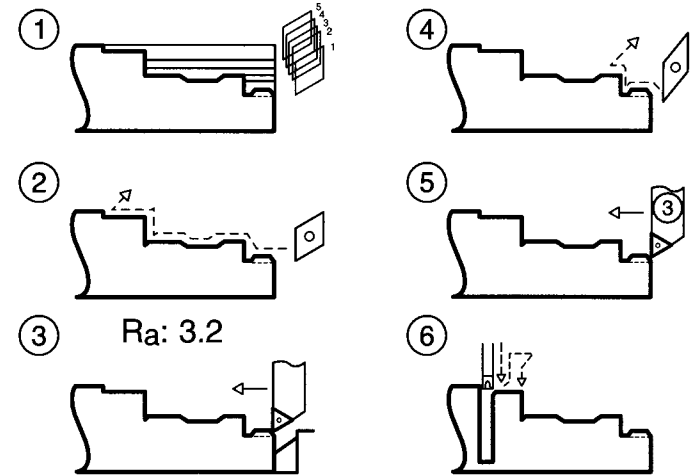


**Selección de herramienta**

**Ra: 3.2**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	○ ●
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



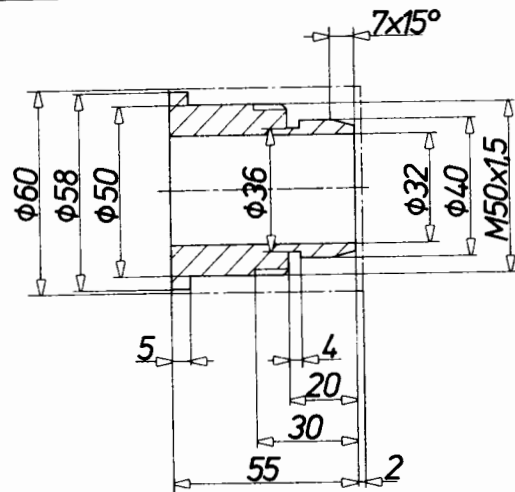
**Datos de corte**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**9. Buje**

**Material: Acero ISO - P**  
**CMC: 01.2 HB: 207**

**T9**

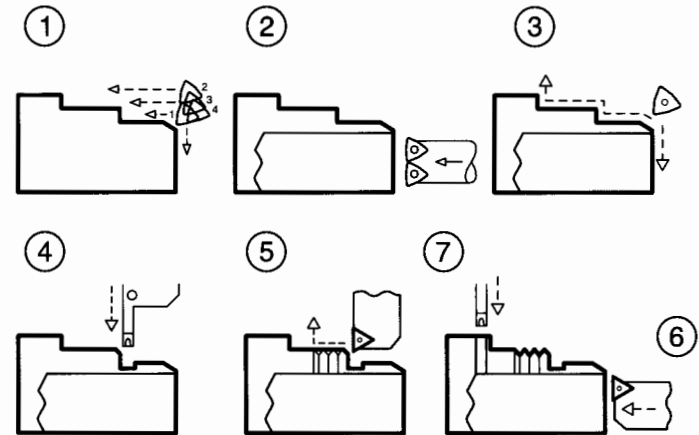


**Selección de herramienta**

**Ra: 3.2**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



**Datos de corte**

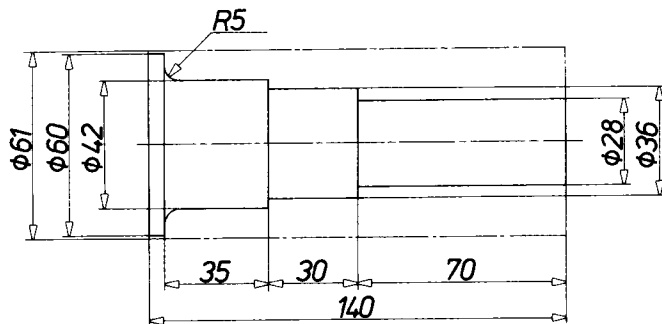
**Ra: 3.2**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey, Acabado superf. potencia, etc.

**Componente**  
**10. Eje**

**Material:** Acero  
**ISO - P**  
CMC: 02.1 HB: 180

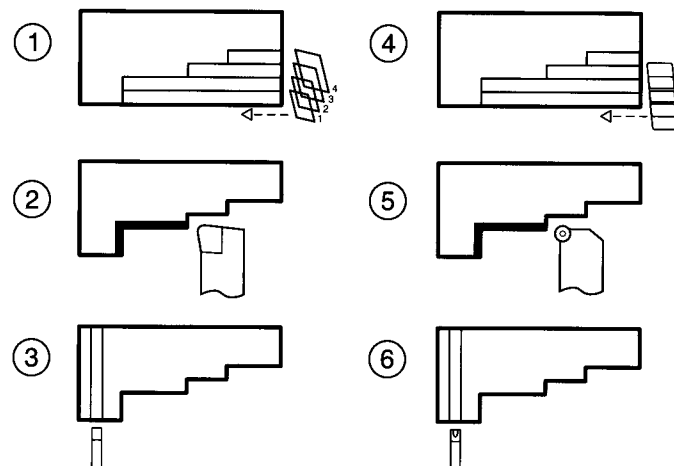
T10



**Selección de herramienta**

Op No.	Herramienta	Plaquita	Geometría	Calidad	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**Plan del proceso: operaciones**



**Datos de corte**

$a_p$ (mm)	$f_n$ (mm/r)	$v_c$ (m/min)	$n$ (rpm)	No. de pasadas	Refrigerante S/N	Observaciones: por ejemplo: página en CoroKey. Acabado superf. potencia, etc.