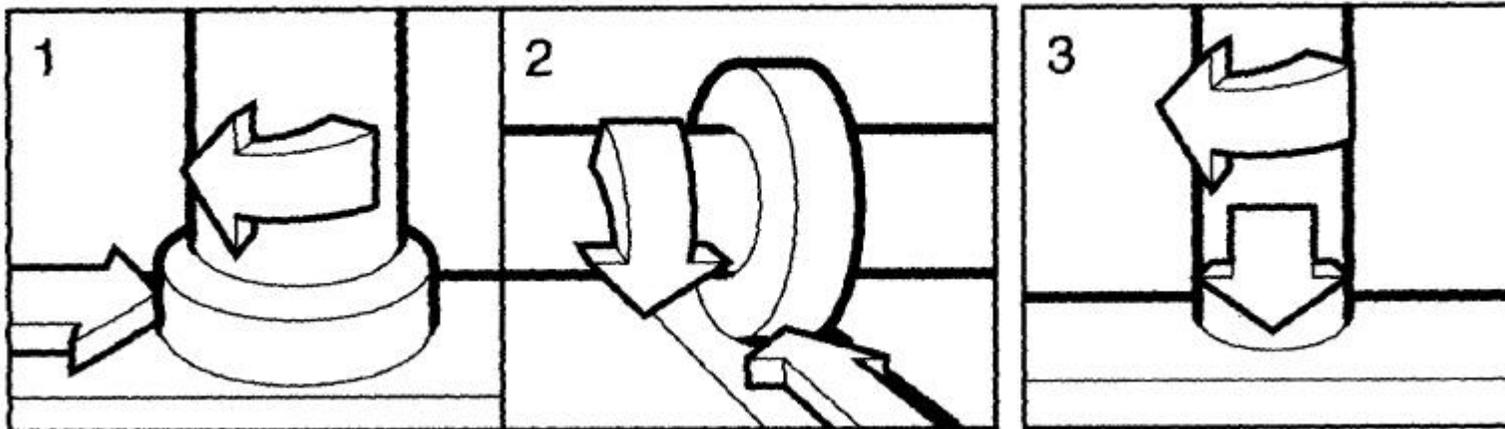


Procesos de Mecanizado

Fresado (1)

- Movimiento fundamental de avance:
 - rectilíneo
 - pieza o herramienta
- Movimiento fundamental de corte:
 - rotativo
 - herramienta



Fresado frontal

Fresado periférico

Avance axial

Procesos de Mecanizado

Fresado (2)

FRESADO FRONTAL

- Avance perpendicular al eje de giro
- Profundidad de corte en dirección axial
- Corte producido por los filos periféricos
- Acabado superficial producido por los filos de la cara frontal

FRESADO PERIFÉRICO

- Avance perpendicular al eje de giro
- Profundidad de corte en dirección radial
- Corte producido por los filos periféricos

AVANCE AXIAL

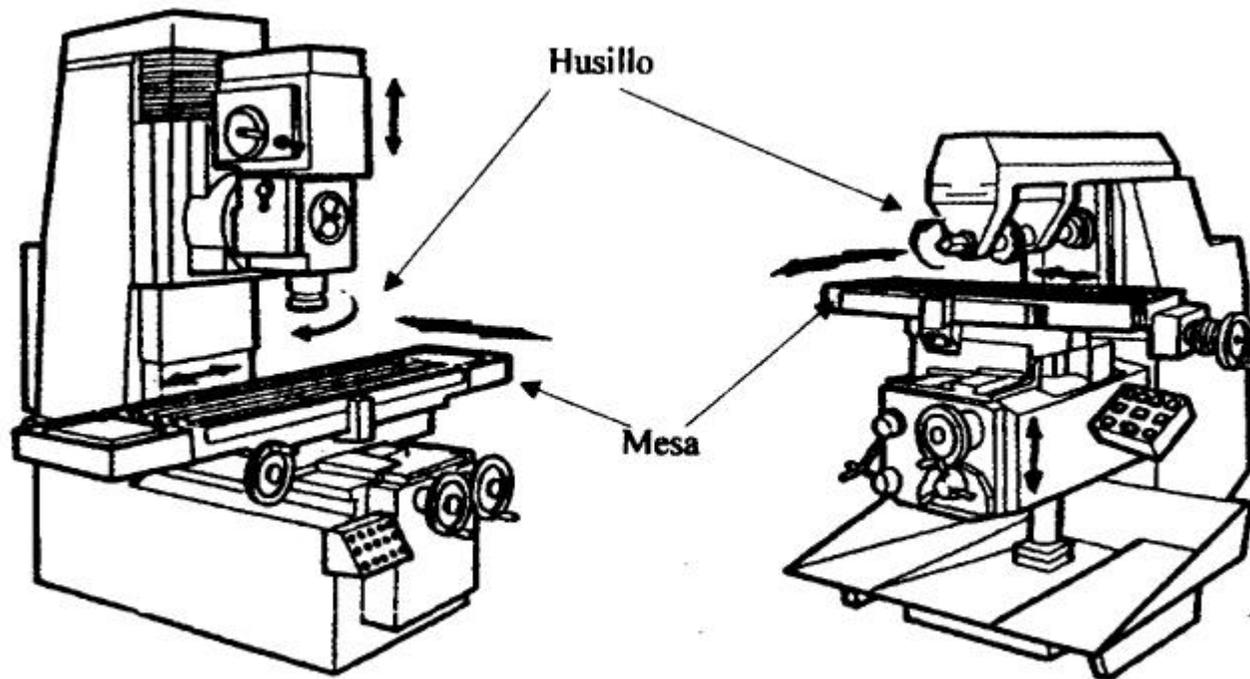
- Avance y profundidad de corte en dirección axial
- Corte producido por los filos de la cara frontal
- Generalmente se taladra hasta una profundidad y luego se avanza radialmente

Procesos de Mecanizado

Fresado (3)

Ejemplos de
fresadoras:

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

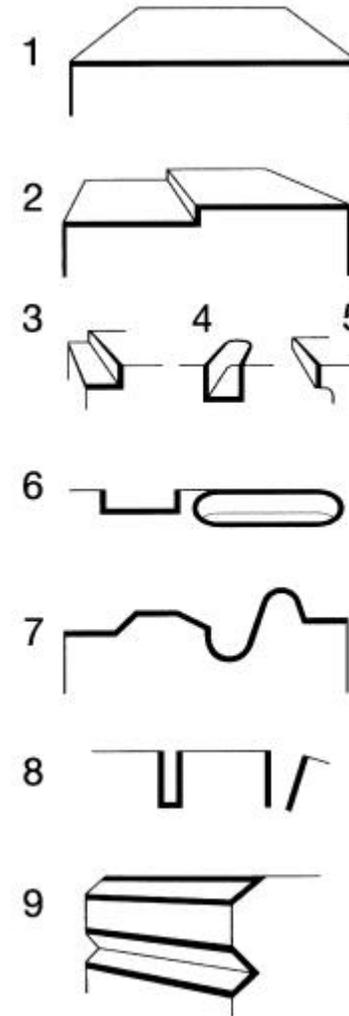


Procesos de Mecanizado

Fresado (4)

Operaciones de
fresado:

- .Planeado**
- .Planeado en escuadra**
- .Escuadrado**
- .Ranurado**
- .Canteado**
- .Alojamientos o vaciados**
- .Copiados**
- .Ranuras y cortes**
- .Chaflanes**

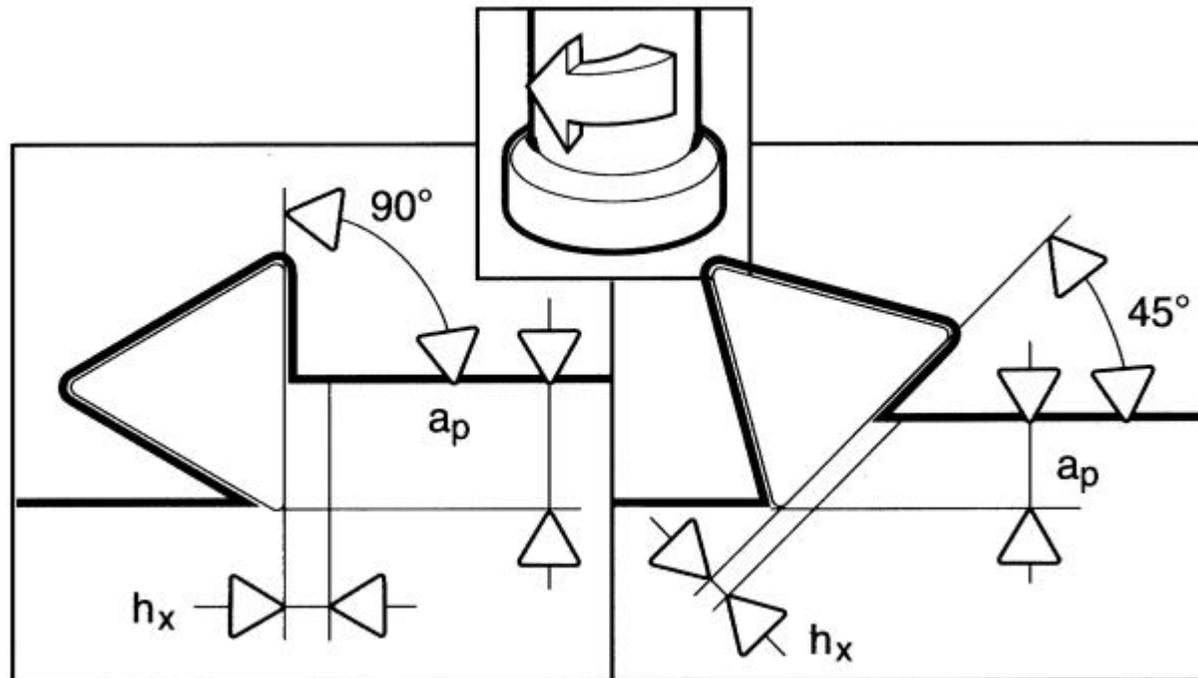


Procesos de Mecanizado

Fresado (5)

Planeado y planeado en escuadra:

- Intención: generar superficies planas
- Planeado en escuadra: se utiliza una fresa para planear con ángulo de posición de 90°
- Por lo general es más ventajoso utilizar un ángulo de posición menor

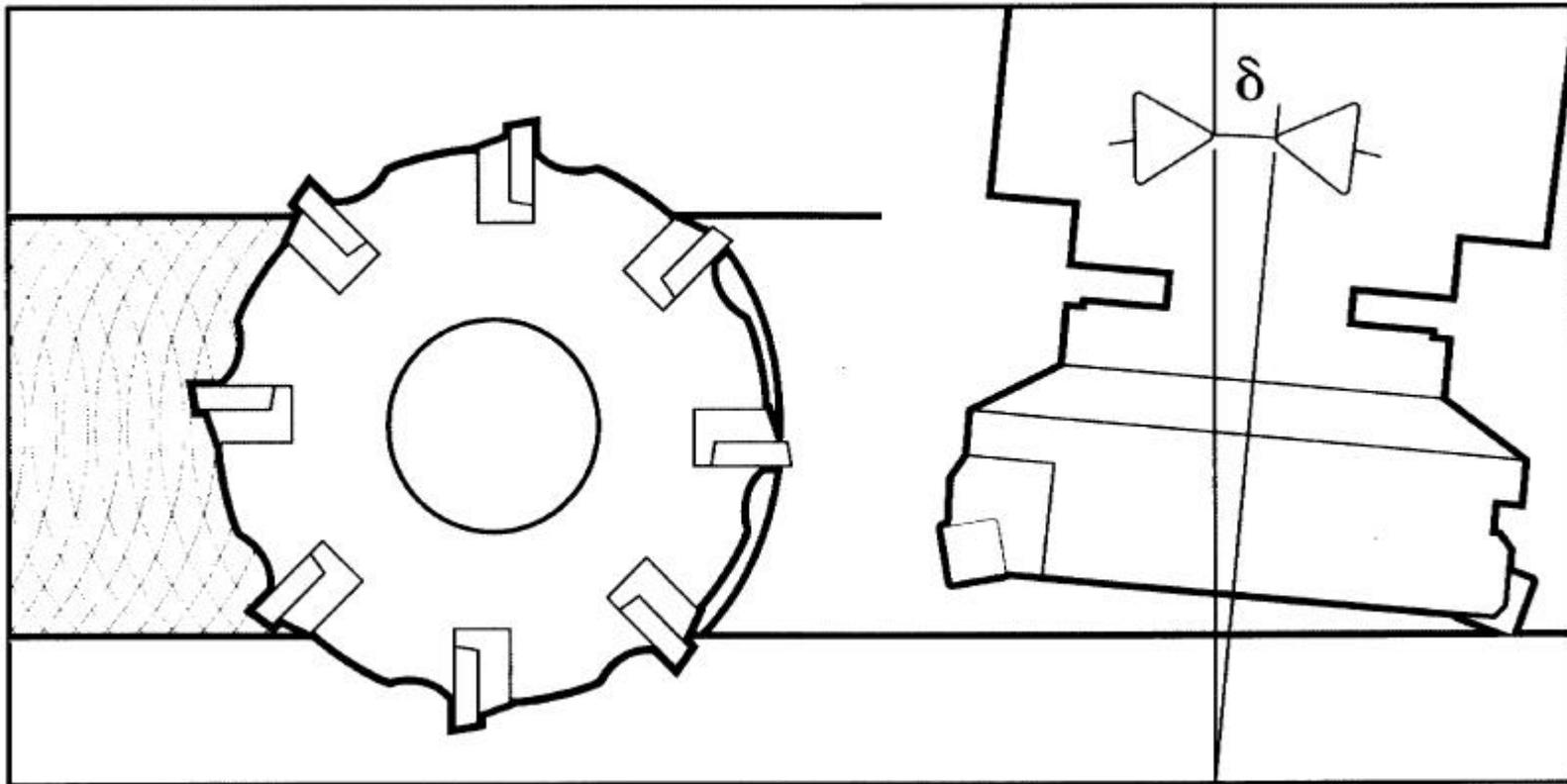


Ángulos de posición y espesores de viruta

Procesos de Mecanizado

Fresado (6)

Inclinación del husillo en el planeado:



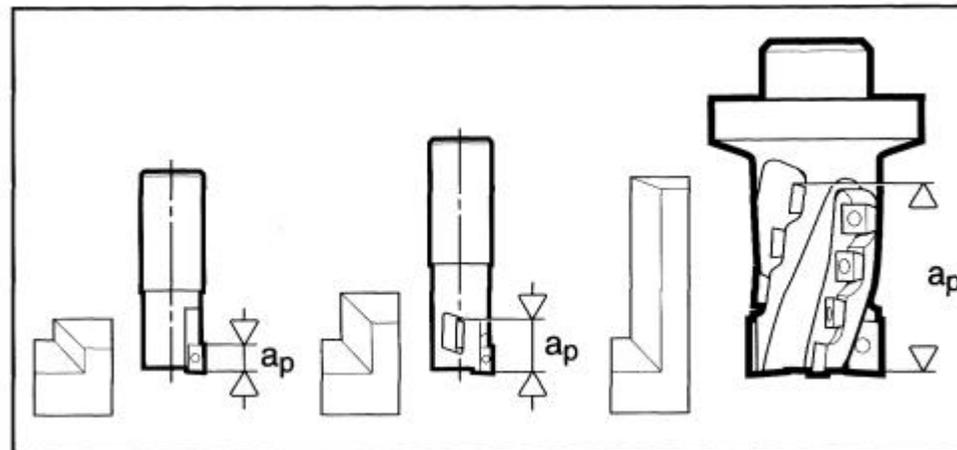
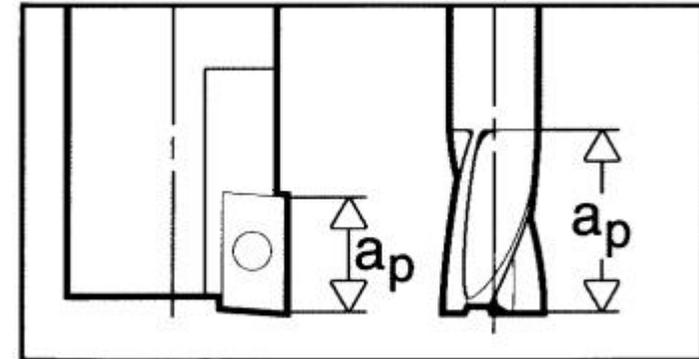
Objetivo: evitar el *corte en retroceso*: estropea el acabado superficial

Procesos de Mecanizado

Fresado (7)

Escuadrado, ranurado y canteado

- Fresado fundamentalmente lateral, con capacidad añadida de profundidad de corte (planeado)
- Caso particular: canteado. Fresado completamente lateral
- Espesor y profundidad de los cortes determinan el tamaño de la herramienta
- Problema importante de evacuación de viruta (aire comprimido, líquido refrigerante)
- Distintos tipos de fresas en función de la profundidad de corte requerida

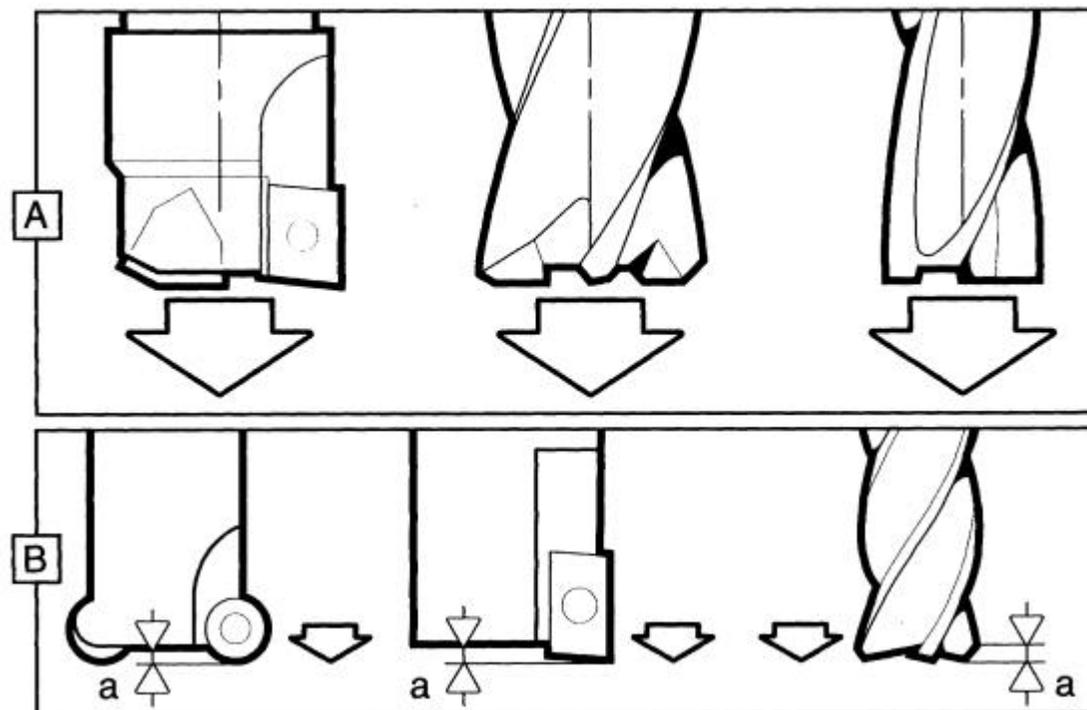


Procesos de Mecanizado

Fresado (8)

Alojamientos o vaciados

- Taladrado hasta una determinada profundidad y fresado posterior
- O bien fresado en rampa en varios cortes
- Para taladrar es necesario que los filos de corte atraviesen el centro de la herramienta
- Fresas muy polivalentes: aplicables a taladrados y/o ranurados

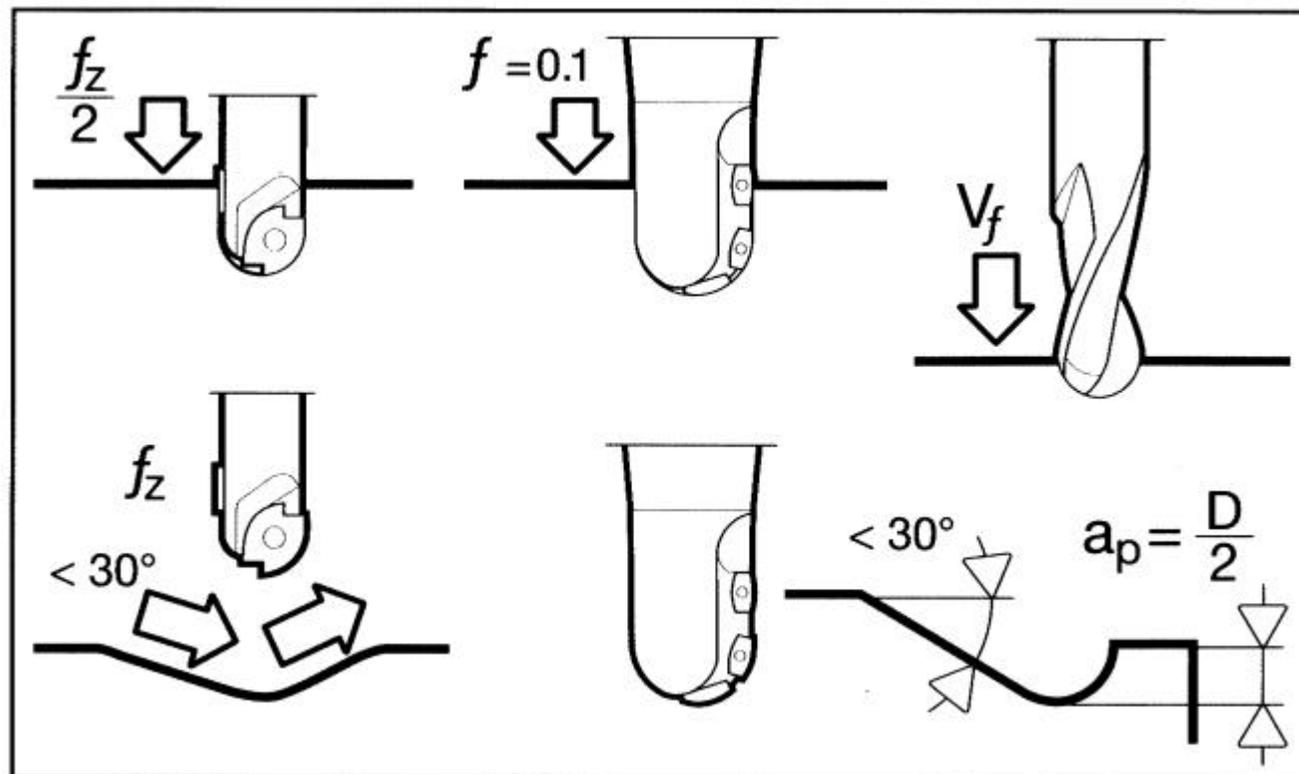


Procesos de Mecanizado

Fresado (9)

Copiados o contornos

- Fresas para ranurar con filo de corte redondo, necesario para mecanizado continuo de formas convexas y cóncavas:
- Fresas de punta esférica
- Fresas de plaquitas redondas (limitaciones)

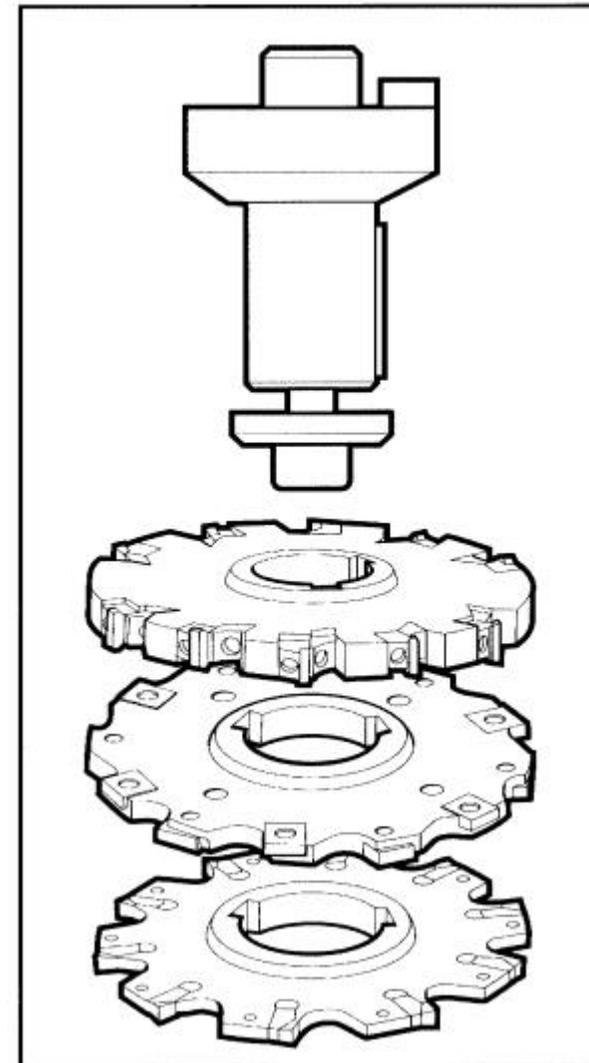
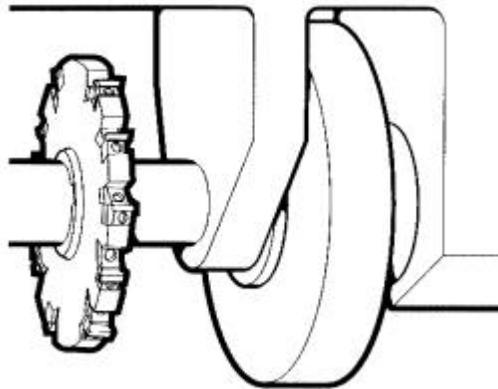


Procesos de Mecanizado

Fresado (10)

Ranuras y cortes

- Se utilizan fresas de disco en lugar de fresas de ranurar
- Diferencia: relación profundidad/longitud
- Esfuerzo de corte sólo en una pequeña parte de los dientes: vibraciones
- Solución: volantes de inercia

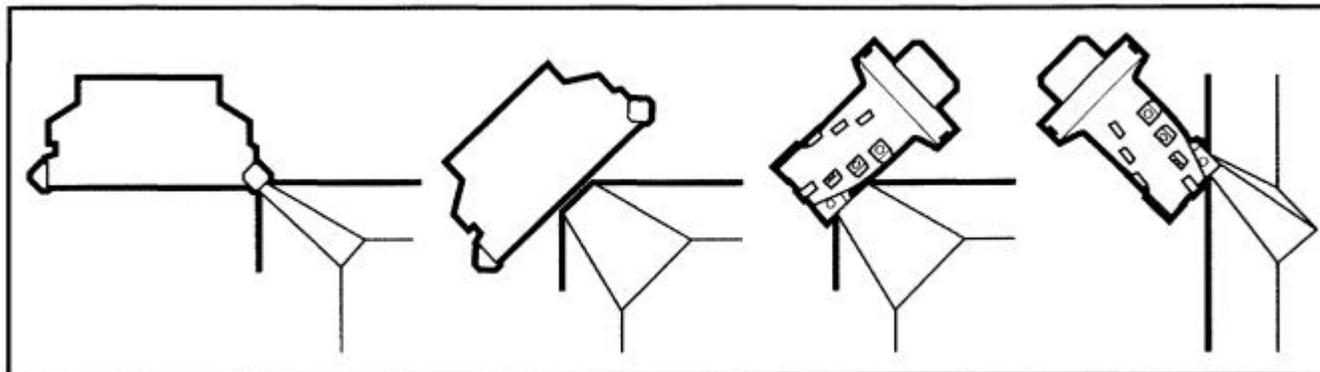
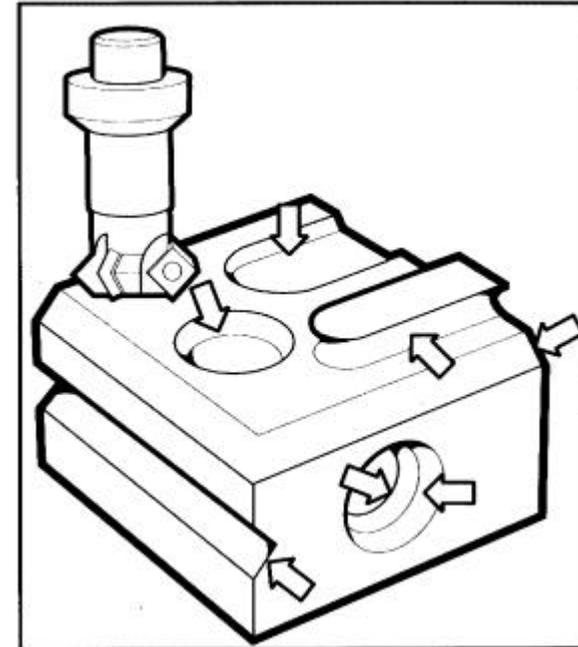


Procesos de Mecanizado

Fresado (11)

Chaflanes

- Operaciones típicas: chaflanes o cortes en forma de V
- Normalmente herramientas específicas
- A veces herramientas de planear o ranurar mediante giro del husillo
- En ocasiones se emplean limas (trabajo por abrasión)

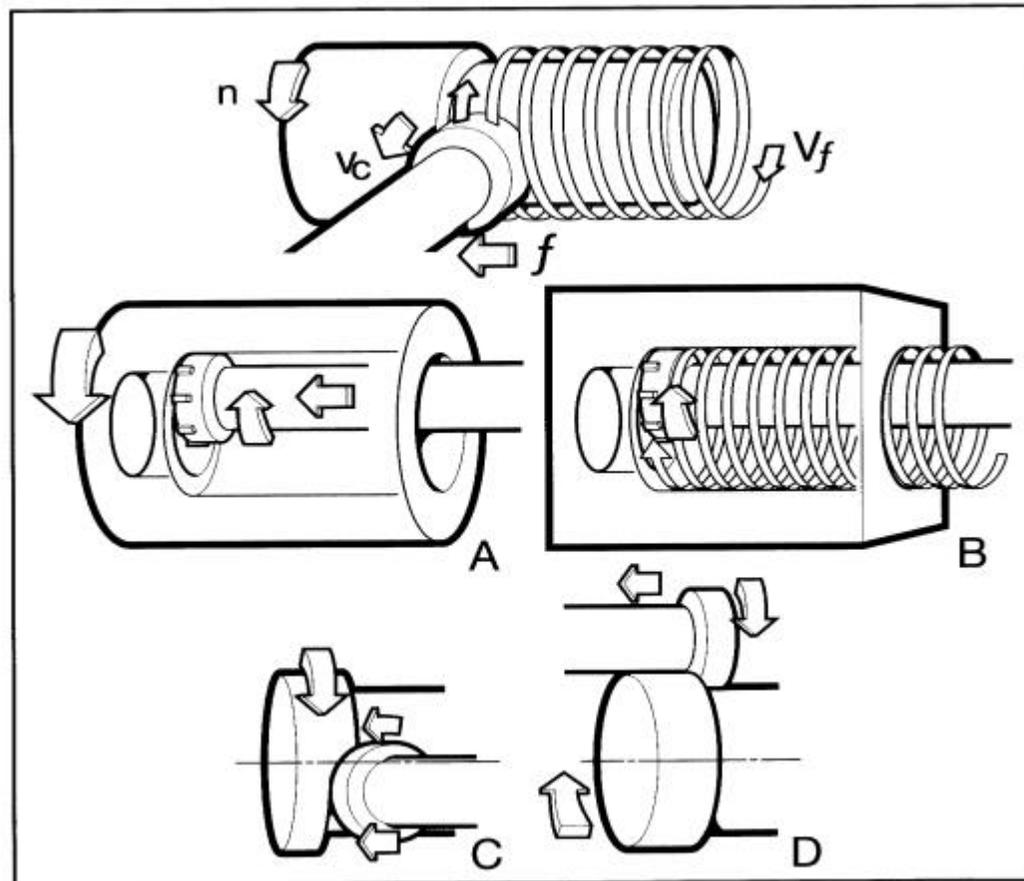


Procesos de Mecanizado

Fresado (12)

Torno-fresado

- Combinación de ambos procesos
- Una fresa rotativa mecaniza una pieza que gira
- Aplicaciones:
 - Formas excéntricas (cigüeñales, etc)
 - Piezas con elementos que sobresalen
 - Piezas que no pueden girar a gran velocidad



Procesos de Mecanizado

Fresado (13)

Parámetros que definen la operación de fresado

Características de la herramienta:

D: diámetro de la fresa (mm)

z: número de dientes

u: paso de dientes (mm)

Se cumple:

$$u = \frac{p \cdot D}{z} (mm)$$

Condiciones de corte:

n: velocidad de giro de la herramienta (r.p.m)

v: velocidad de corte (m/min)

- es la velocidad periférica de la fresa

Se cumple:

$$v = \frac{p \cdot D \cdot n}{1000} (m/min)$$

Procesos de Mecanizado

Fresado (14)

s_z : avance por diente (mm/diente)

- espacio recorrido por la pieza durante el tiempo que un diente está cortando en una vuelta de la herramienta

s_N : avance por vuelta (mm/rev)

- espacio recorrido por la pieza durante un giro completo de la herramienta ($s_N = z \cdot s_z$)

s' : velocidad de avance (mm/min)

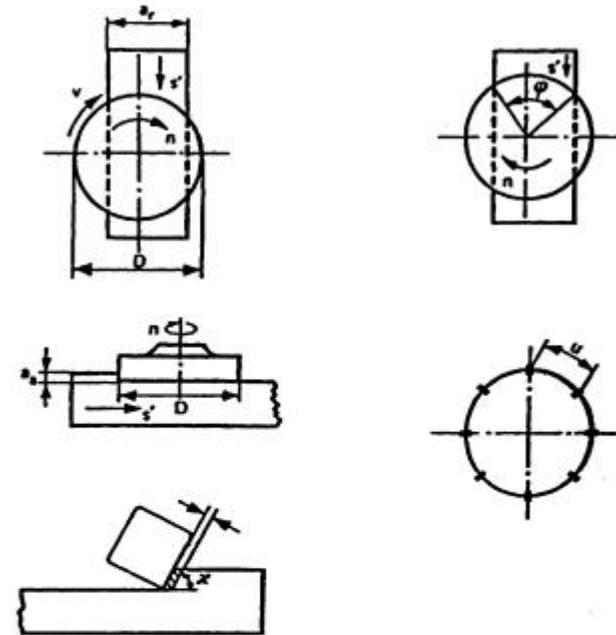
- velocidad lineal de avance de la pieza ($s' = s_N \cdot n$)

a_A : profundidad de pasada axial (mm)

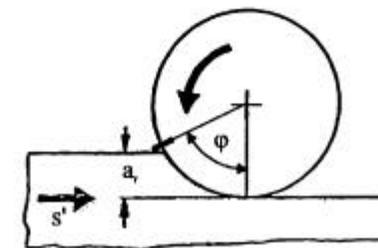
- material eliminado en dirección axial
- profundidad de corte en fresado frontal
- ancho de corte en fresado periférico

a_R : profundidad de pasada radial (mm)

- material eliminado en dirección radial
- ancho de corte en fresado frontal
- profundidad de corte en fresado periférico



Fresado frontal



Fresado periférico

Procesos de Mecanizado

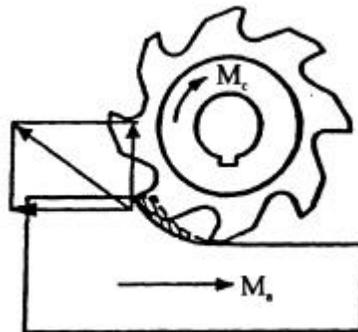
Fresado (15)

Cálculo de potencias requeridas para el fresado

Fuerzas en el fresado: variables en dirección y magnitud

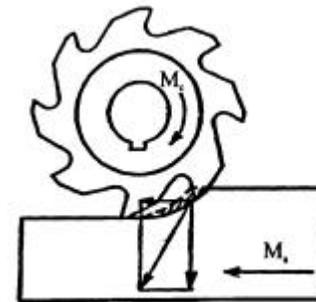
- vibraciones
- deformaciones en las piezas y las herramientas
- problemas para la sujeción de piezas y herramientas
- normalmente se trabaja con el valor medio

..para ello se supone que la viruta arrancada tiene **espesor constante**



Fresado en oposición (o hacia arriba)

- sentidos opuestos para el corte y el avance
- espesor de corte en aumento



Fresado en concordancia (o hacia abajo o a favor)

- sentidos iguales para el corte y el avance
- espesor de corte en disminución

Procesos de Mecanizado

Fresado (16)

Espesor medio de la viruta h_M

$$h_M = \text{sen}(?) \frac{360}{p} \frac{s_Z}{fD} a_R$$

$$h_M = s_Z \sqrt{\frac{a_R}{D}}$$

Sección media de viruta A_M

$$A_M = h_M \frac{a_A}{\text{sen}(?)}$$

Fuerza media para cada uno de los filos cortantes F_{TM}

$$F_{TM} = K_{SM} A_M$$

Donde K_{SM} es el valor medio de la fuerza específica de corte

- Se consulta en tablas
- Se ajusta en función de la geometría de la herramienta
- Se ajusta en función del espesor de viruta

Tabla para valores k_m según los tipos de material de la pieza a trabajar. (El espesor medio de la viruta es 0,2 mm o 0,008 pulgadas)				
Material		Dureza HB	ks	
			Kp/mm ²	lb/pulgada ²
Acero al carbono no aleado normalizado	C 0,15%	125	245	348390
	C 0,35%	150	270	383940
	C 0,70%	250	295	419490
Acero poco aleado	Recocido	125-200	285	405270
	Endurecido	200-450	350	497700
Acero altamente aleado	Recocido	150-250	315	447930
	Endurecido	250-500	365	519030
Acero inoxidable	Ferr. Mart.	175-225	325	462150
	Aust.	150-200	350	497700
Acero fundido (inoxidable)	No aleado	225	230	327060
	Poco aleado	150-250	250	355500
	Altamente aleado	150-300	285	405270
Acero al manganeso		>50 HRC	600	853200
Fundición maleable	Viruta corta	110-145	195	277290
	Viruta larga	200-250	180	255960
Fundición gris	Poca resistencia a la tracción	150-225	125	177750
Fundición gris & fundición aleada	Alta resistencia a la tracción	200-300	160	227520
Fundición nodular, hierro SG	Ferrítica	125-200	135	191970
	Perlítica	200-300	200	284400
Fundición endurecida en coquilla		HRC 40-60	425	604350
Aluminio aleado		100	75	106650



Procesos de Mecanizado

Fresado (17)

Par de corte M

$$M = F_{TM} z_{CORTE} \frac{D}{2}$$

Donde z_{CORTE} es el número de dientes cortando en un momento dado (valor medio)

$$z_{CORTE} = z \frac{f}{360}$$

Sustituyendo z_{CORTE} y F_{TM} se obtiene:

$$M = K_{SM} \frac{s_Z a_R a_A z}{2p} (N \text{ mm})$$

Potencia de corte P

$$P = M \quad ?$$

$$P = K_{SM} \frac{s_Z a_R a_A z}{2p} \frac{2p n}{60} (N \text{ mm/s}) = K_{SM} \frac{s' a_R a_A}{6 \cdot 10^7} (KW)$$

$$P_{MH} = \frac{P}{?} (KW)$$

Procesos de Mecanizado

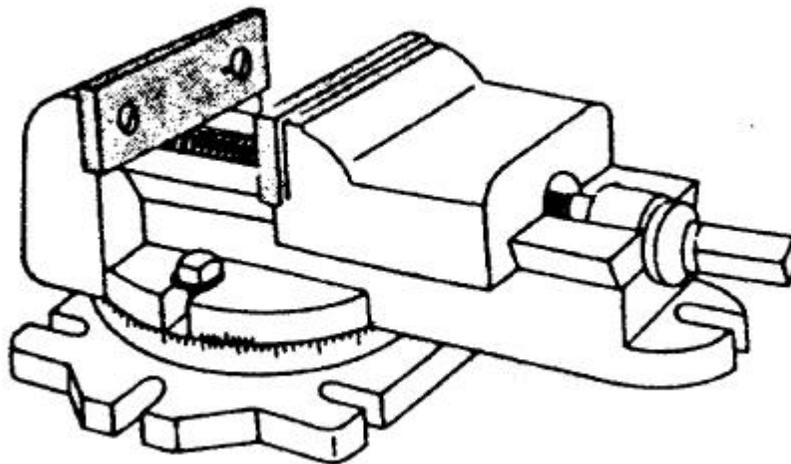
Fresado (18)

Modos de sujeción de las piezas en el fresado

Objetivos:

- Inmovilización correcta de la pieza
- Accesibilidad de las zonas a mecanizar
- Capacidad para absorber los esfuerzos del mecanizado
- Protección contra deformaciones para la pieza
- Tiempos de amarre y desamarre cortos

Modo 1: sujeción con mordazas o tornillos de máquina

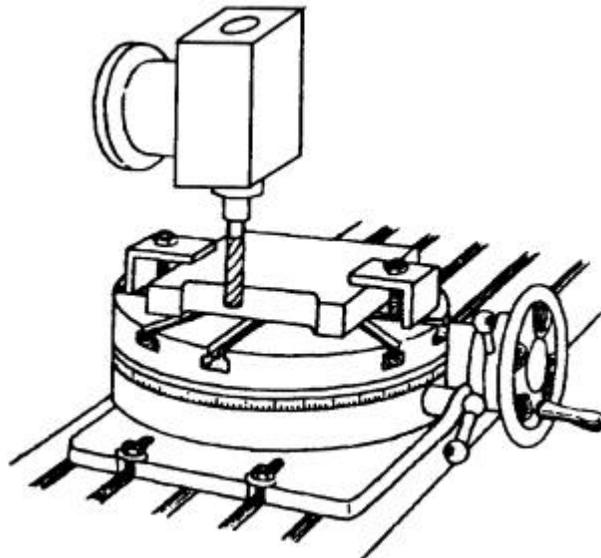


- La pieza se sujeta por presión
- Accionamiento mecánico, neumático o hidráulico
- Tipología en función de los grados de libertad:
 - Mordaza **sencilla**
 - Mordaza **giratoria**
 - Mordaza **universal**

Procesos de Mecanizado

Fresado (19)

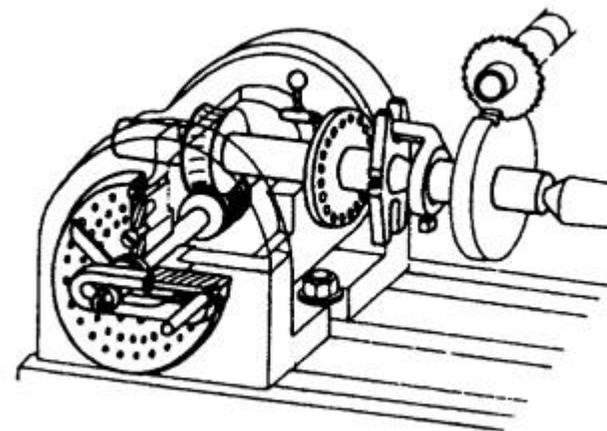
Modo 2: sujeción con platos divisores



Plato vertical

- El plato permite sujetar la pieza y tiene posibilidad de giro
- Permite trabajar con distintas orientaciones
- Permite procesos de **torno-fresado**
- Sujeción de pieza similar a la del torneado:
 - Al aire
 - Entre plato y punto
 - Entre puntos

Plato horizontal



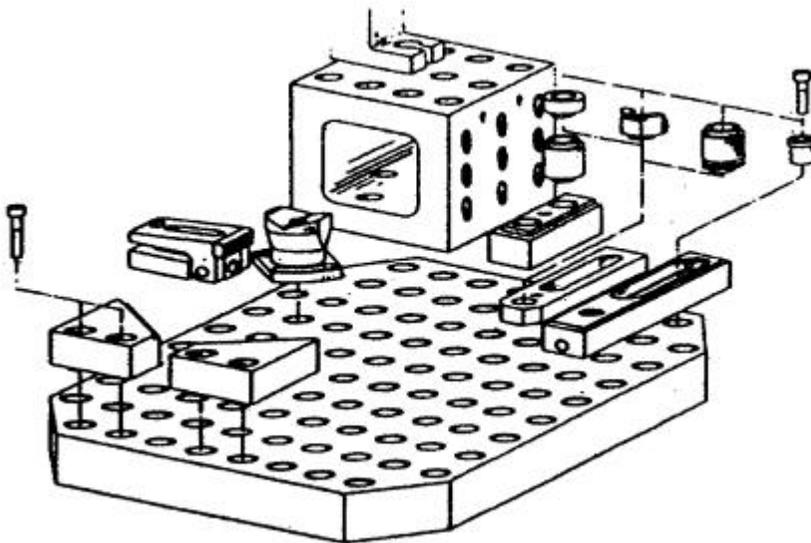
Procesos de Mecanizado

Fresado (20)

Modo 3: sujeción directa sobre la mesa

- Empleado para piezas grandes
- La pieza se fija mediante el uso de bridas, tornillos, calzos, cuñas, etc.
- Importante direccionar adecuadamente los esfuerzos

Modo 4: sistemas de sujeción modulares



- Basados en una placa base con agujeros o ranuras
- Los elementos de sujeción (bridas, posicionadores, etc. están estandarizados)
- Sistema flexible, adaptable a multitud de piezas
- Debido a la estandarización, son configurables por CAD