

FRESADO

El fresado se emplea para la obtención de superficies planas y curvadas, de ranuras rectas, de ranuras espirales y de ranuras helicoidales, así como de roscas. Lo mismo que en el torneado este movimiento principal es ejecutado por la pieza, en el fresado es el útil quien lo ejecuta. Los movimientos de avance y de aproximación son realizados en el fresado generalmente por la pieza, pero pueden también ser realizados por la fresa como sucede, por ejemplo, en el fresado copiador.

Proceso del fresado

Se distinguen dos clases de fresado: el fresado cilíndrico y el frontal.

En el fresado cilíndrico el eje de la fresa se mueve transversalmente a la superficie que se trabaja de la pieza (Figura 1).

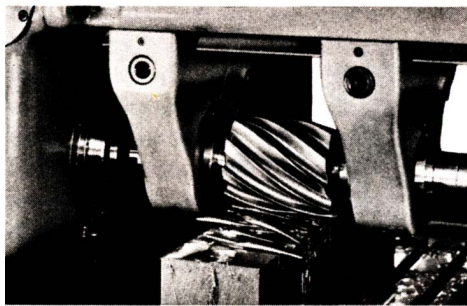


Figura 1: Trabajo con fresa cilíndrica

La fresa en forma de rodillo corta solamente con dientes dispuestos en su periferia. Se distinguen aquí el fresado a contradiirección y el fresado paralelo. En ambos procedimientos de trabajo se arrancan al material virutas en forma de coma.

En el fresado en contradiirección (Figura 2) el sentido del giro de la fresa y el del avance de la pieza son encontrados. La fresa desliza primeramente sobre la pieza y solamente después de esto penetra más y más en el material.

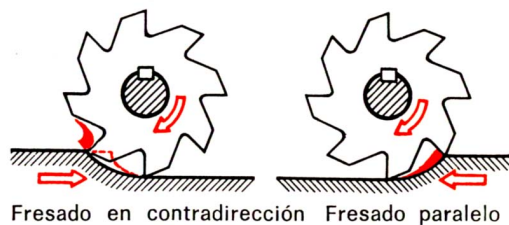


Figura 2: Procedimiento de fresado

Cuando sale de la pieza el diente de la fresa la viruta ha llegado a adquirir su espesor máximo. El husillo porta-fresa. Obligado hacia arriba por el esfuerzo de corte y la mesa de fresado empujada hacia abajo, flexan hacia atrás en ese momento, dando lugar a marcas de vibraciones. Además, los filos de los dientes se embotan antes a consecuencia del resbalamiento inicial sobre la superficie trabajada.

En el fresado paralelo (Figura 2) el diente de la fresa penetra inmediatamente en el material, pero la viruta se hace cada vez más delgada. El husillo porta-fresa y la mesa son oprimidos también en este procedimiento hacia arriba y hacia abajo respectivamente. Ahora bien, la fuerza de corte disminuye por causa de la viruta cada vez más delgada y es casi nula en el instante en que el diente de la fresa sale del material. Con esto deja de producirse el muelleo de antes, obteniéndose superficies más lisas que en el caso del fresado en contradi dirección. La máquina incluso en el caso de grandes arranques de viruta va más tranquila. Como la fuerza de corte esta constantemente dirigida sobre el soporte de la mesa no se producen marcas de vibración.

Con el fresado paralelo se obtienen, mediante mayores avances y velocidades de corte más elevados, tiempos de fabricación más cortos. Los tiempos de duración, o sea la vida de la fresa aumentan y la máquina sufre menos. La cascarilla de óxido, la costra de laminación y la de fundición producen en el fresado paralelo un desgaste más fuerte de los filos de la fresa.

El fresado paralelo no se puede, por regla general, realizar nada más que en máquinas especiales para ello. El fresado paralelo realizado en máquinas no dispuestas al efecto haría que la fresa, a causa del recorrido muerto que comporta siempre todo husillo roscado, empujase a la mesa de fresar intermitentemente en el sentido del avance. Esto haría que el avance, el espesor de viruta y el esfuerzo de corte resultasen tan grandes que las piezas podrían ser arrancadas de sujeciones o ellas y las fresas salir deterioradas. Las máquinas para fresado paralelo tienen por esa causa un husillo de mesa con paso a la derecha y otro con paso a la izquierda que están unidos entre si por un mecanismo compensador. Con ello se obtiene que los flancos de uno de los husillos de mesa se adapten al flanco derecho y los del otro al flanco izquierdo de las respectivas tuercas de husillo, con lo cual no puede presentarse juego alguno. En las máquinas normales de fresar únicamente se puede fresar por el sistema paralelo con pequeño espesor de viruta y conducción fluidas de la mesa.

En el fresado frontal el eje de la fresa tiene posición perpendicular a la superficie a trabajar de la pieza (Figura 3). El fresado frontal es más económico que el cilíndrico porque siempre hay varios dientes cortando, la fresa puede refrigerarse mejor y la sección de viruta es casi constante.

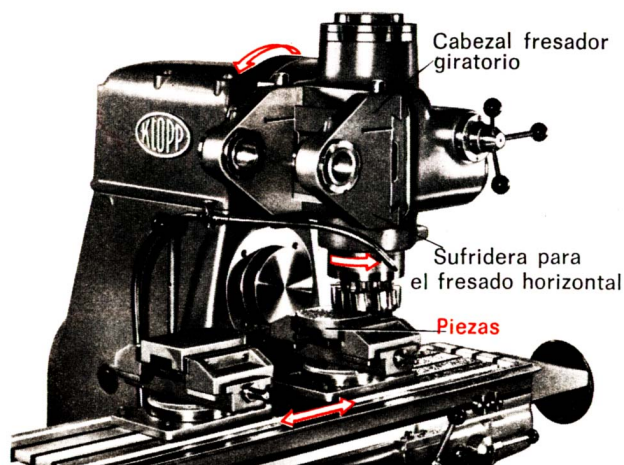


Figura 3: Fresado frontal con cabezal portacuchillas

• VELOCIDAD DE CORTE. AVANCE. APROXIMACIÓN

La velocidad de corte en el fresado viene dada en m/min. Se calcula exactamente igual que en el torneado. Cuando se fresa con filos de metal duro pueden obtenerse velocidades de corte de ocho a diez veces mayores que con las fresas de acero rápido.

Con objeto de poder elegir siempre una velocidad de corte apropiada al material de la pieza y al diámetro de la

fresa, puede variarse el número de revoluciones del husillo portafresa entre límites muy amplios.

El avance está relacionado con la velocidad de corte cuando viene dado en mm/min. Frecuentemente también viene dado en mm/diente de la fresa. Hay que elegir el avance de tal modo que cada diente, según sea el material, arranque en el desbaste de 0,1 a 0,3 mm y en el alisado de 0,02 a 0,2 mm.

La aproximación depende, por ejemplo, de la capacidad de la máquina, de la clase de trabajo y de la posibilidad de sujeción de la pieza. Así, por ejemplo, en el fresado con fresas de disco se elige un gran espesor de viruta y un avance pequeño (marcha tranquila de la máquina), en el fresado de chaveteros, por el contrario, son más ventajosas las aproximaciones pequeñas y los grandes avances.

En general, al fresar no deberá elegirse una aproximación demasiado grande. Es ventajoso y económico fresar grandes cantidades de material de varios cortes pero con avance grande.

• **HERRAMIENTAS PARA FRESAR**

Las fresas van provistas e su periferia, o también en su cara frontal, de dientes o de cuchillas. Son útiles de varios filos y tienen respeto a los útiles de un solo filo, para cepillar y para torneear, la ventaja de que no se calienten tanto y de que tampoco se embotan tan rápidamente. Cada filo está cortando nada más que una fracción del tiempo que dura su revolución y durante el resto del tiempo se vuelve a enfriar.

• **Ángulos en la fresa**

La forma básica de un filo de fresa es la cuña, que en cuanto a sus ángulos se corresponde con los del cincel de torno (Figura 4).

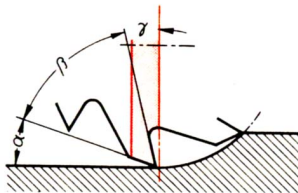


Figura 4: *Ángulos en la fresa*

También en el fresado, el material a trabajar y el tipo del trabajo, determinan los ángulos de filo. Estos dependen además del procedimiento de fresado. En el fresado paralelo el ángulo de filo es más puntiagudo; el ángulo de ataque tiene que ser más empinado (20 a 22°). El ángulo de incidencia se elige de 6°. Las fresas para metales ligeros van provistas, con objeto de conseguir un buen arranque de viruta, de huecos entre dientes especialmente grandes y redondeados (Figura 5). Para materiales duros se emplean fresas con muchos dientes, lo cual lleva consigo la existencia de huecos pequeños entre diente y diente: arrancan sólo virutas pequeñas.

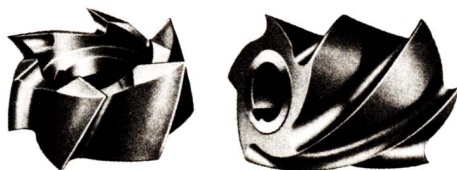


Figura 5: *Fresas con grandes ángulos de ataque para trabajar aluminio*

• Clases de fresas

Según la forma de sus dientes se distingue entre fresas de dientes puntiagudos (fresas fresadas, por ejemplo: fresas cilíndricas. Figura 5) y fresas destalonadas (Figura 6, fresas de forma).

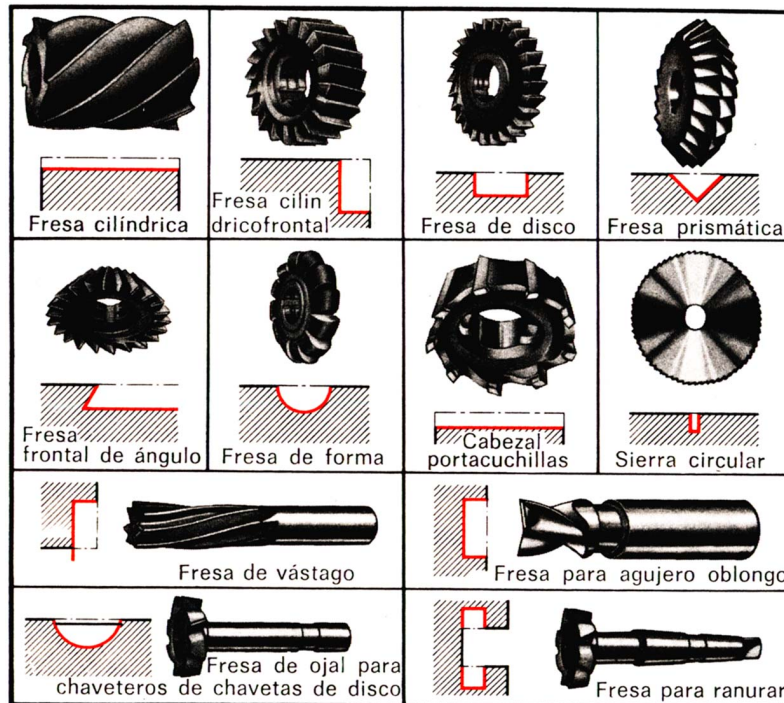
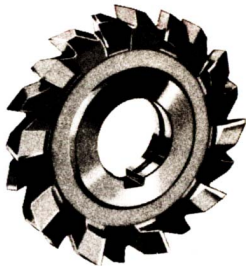
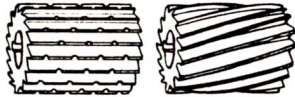
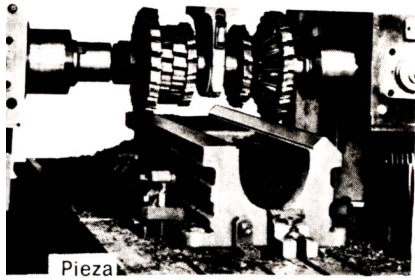


Figura 6: Fresas más usuales con ejemplos de aplicación.

Las fresas de dientes puntiagudos se emplean para la ejecución de superficies planas. El reafilado de las fresas de dientes puntiagudos se realizan en la superficie de incidencia. La fresa destalonada sirve como fresa de forma para redondeamientos, perfiles y formas de todas clases, ruedas dentadas, roscas, etc. No debe afilarse nada más que por la superficie de ataque. El ángulo de ataque original (generalmente de 0°) debe mantenerse para que no salgan perfiles deformados.

Por la forma se distinguen las siguientes clases de fresas:

Fresas cilíndricas-frontales, fresas de disco, fresas prismáticas, fresas frontales de ángulo, fresas de forma, cabezales porta-cuchillas, sierra circular, fresa de vástago, fresa para agujero largo, fresa de ojal o de ranura, fresa para ranuras en T (Figura 6), fresa de envolvente o de rodadura y fresas para roscar. Los juegos de fresas se componen de fresas con determinados perfiles de acuerdo con la forma que se pretende dar a la pieza (Figura 7). Los cabezales de cuchillas tienen la ventaja de que las cuchillas que se inutilicen pueden cambiarse y repararse de modo sencillo. Los cabezales de cuchillas que giran a gran velocidad, por ejemplo, para alisado fino y para el trabajo de metales ligeros, deberán equilibrarse a causa de las vibraciones. Según sea la dirección de los dientes se distinguen las fresas con dentado recto, las de dentado en espiral (Figura 8) y las de dentado cruzado (Figura 9). El dentado oblicuo es corriente en los cabezales de cuchillas. Las fresas dentadas en espiral trabajan mejor que las de dientes rectos, porque siempre hay varios dientes que cortan simultáneamente. Además los distintos dientes no entran a cortar inmediatamente en toda su anchura, sino que lo hacen paulatinamente. Se obtiene una fuerza de corte uniforme, la máquina trabaja más tranquila, se evitan mucho las vibraciones y se facilita la eliminación de virutas.



La denominación de la dirección del rayado (de la espiral o hélice) es igual que en las roscas (inclinación a la derecha o a la izquierda). Constituye un inconveniente de las fresas dentadas en espiral el hecho de que la fuerza de corte actúe parcialmente en dirección axial. Las fresas de vástago pueden en virtud de este esfuerzo ser arrancadas de la tenaza de sujeción. Con objeto de que la fuerza axial vaya dirigida contra el soporte del husillo, las fresas cilíndricas con rayado a la izquierda tienen que sujetarse con corte a la derecha y las que tengan el rayado a la derecha, con corte a la izquierda. La dirección del corte se determina partiendo del lado del accionamiento de la máquina. Mediante fresas cilíndricas ordenadas por parejas con rayados encontrados puede equilibrarse en parte la fuerza axial. Las ranuras rompevirutas (Figura 8 izquierda) sobre todo en fresas con pequeño giro en el rayado impiden que las virutas resulten demasiado anchas y no pueden por ello eliminarse bien.

Los tipos de herramientas N1 (normal), H1 (duro y tenaz) y W1 (blando) se distinguen por el paso, o división, de los dientes y por los diferentes ángulos de los filos de las fresas. Para la mayoría de los materiales hasta de 100 kp/mm² se aplica el tipo N; el tipo H para los materiales duros de más de 100 kp/mm² de resistencia a la tracción.

Para materiales blandos, tales como los metales ligeros se emplea el tipo W.

• Materiales de corte para las fresas

Las fresas se fabrican de acero de herramientas de baja aleación o de alta aleación (acero rápido). Para casos de altas sollicitaciones en las fresas se emplean éstas con filos de metal duro.

En los cabezales de cuchillas, que se aplican especialmente para grandes arranques de viruta y grandes superficies, el cuerpo está ordinariamente constituido por buen y tenaz acero de construcción; únicamente las cuchillas insertadas se hacen de material caro de alto valor, por ejemplo de acero rápido o generalmente de metal duro.

En los cabezales de cuchillas pueden ponerse en vez de estas cuchillas placas de corte giratorias de metal duro con 8 o 12 aristas cortantes y que se sujetan mecánicamente en un soporte. Los distintos filos no se reafilan,

sino que las citadas placas de corte se van girando para ir empleando sucesivamente todos los filos. Cuando se han gastado todas las aristas cortantes de una placa se substituye por otra nueva.

• Sujeción de la fresas

La condición previa más importante para realizar un fresado correcto es que la fresa esté bien sujeta. Para fijar y sujetar la fresa se necesitan herramientas especiales tales como husillos porta-fresa pasantes con anillos (Figura 10), husillos enchufables, los así llamados mandriles en voladizo (Figura 11) y mandriles de sujeción (Figura 12).

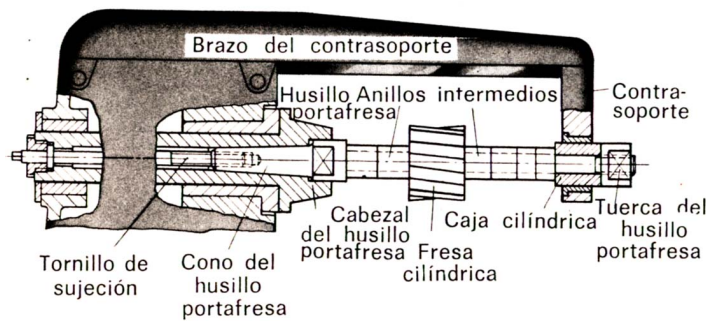


Figura 10: Husillo porta-fresa con su fresa dispuestos en la máquina-

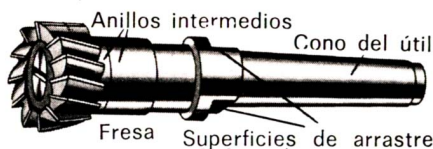


Figura 11: Husillo enchufable o de voladizo.

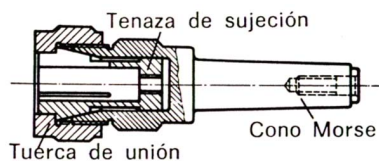


Figura 12: Mandril de sujeción.

Hay que usar husillos o mandriles porta-fresa tan cortos como sea posible.

Estas herramientas de sujeción tienen como Morse normalizados o conos ISO. Los conos ajustan en los conos de alojamiento que llevan los husillos porta-fresa. Un perno de apriete lleva la herramienta de sujeción al cono interior de la máquina sujetándola e impidiendo un aflojamiento no previsto. La posición deseada de la fresa respecto a la pieza se obtiene anillos intermedios.

La fresa es arrastrada mediante chavetas de guía y más raramente, en el caso de fresas de gran rendimiento fuertemente solicitadas, mediante chavetas transversales. El husillo, o árbol, porta-fresa se apoya en un contrasoprote para absorber la fuerza de corte y para evitar la flexión: en algunos casos se utiliza también un apoyo o soporte intermedio.

Los soportes deben estar tan próximos a la fresa como sea posible. Las superficies de los anillos intermedios y

las de los útiles tienen que ser exactamente paralelas y normales al taladro, pues de lo contrario se deformaría el husillo al proceder al fresado. El sentido de giro de la máquina y el de corte de la fresa tienen que coincidir.

Allí donde las herramientas han de ser recambiadas muy frecuentemente se utilizan mandriles porta-fresa de cambio rápido en vez de los aparatos normales de sujeción. Constan de un cuerpo fundamental que permanece en la máquina y de las distintas piezas porta-útil, que pueden ser cambiadas rápidamente.

La exactitud y la calidad del trabajo de fresado, así como la vida de la fresa, dependen en grado sumo del impecable estado de los útiles de sujeción y de la cuidadosa sujeción de la fresa. Tanto los mandriles porta-fresa como las boquillas o tenazas de sujeción deben sujetar la fresa de modo seguro.

• Afilado de las fresas

Para obtener un buen trabajo de fresado, la fresa debe girar de modo perfectamente redondo y estar afilada. Con fresas embotadas sube el consumo de fuerza de la máquina y empeora la calidad superficial. Por esta razón debe afilarse la fresa oportunamente. En esta operación es imprescindible mantener con la mayor exactitud los ángulos de ataque y de incidencia y rehacer las aristas cortantes en los dientes embotados. Pero cuanto más material haga falta arrancar de la fresa al afilarla tanto más tiempo se empleará en ello. Además existe el peligro de que los filos se recuezan con el afilado. De tiempo en tiempo hay también que volver a agrandar el hueco para virutas.

Hay fresas de vástago de dos o más filos con diámetros desde 1,5 hasta 6mm que tienen duración tan larga y son tan baratas que no compensa económicamente volverlas a afilar.

Las fresas hay que afilarlas con frecuencia porque el afilado frecuentemente es más sencillo y barato que el proceder más tarde a un reafilado a fondo.

Las fresas se afilan en máquinas para afilar herramientas (Figura 13). Estas máquinas permiten disponer la muela y la fresa en cualquier posición recíproca.

Hay dispositivos especiales que hacen posible afilar la superficie de ataque del diente en las fresas con dentado espiral.

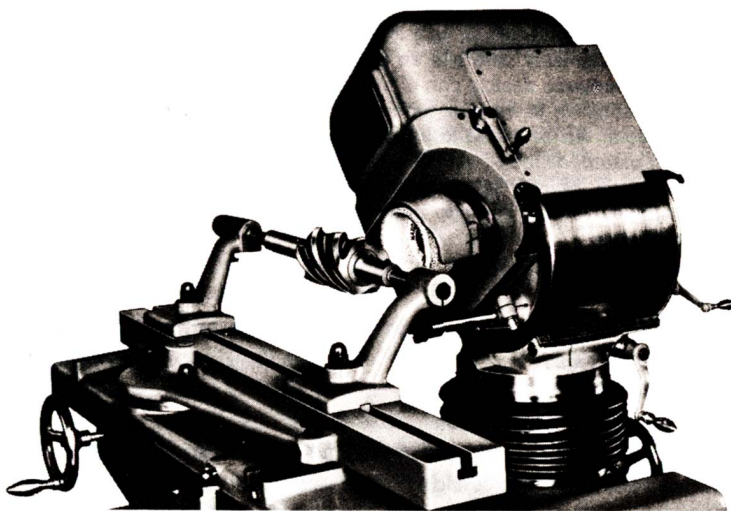
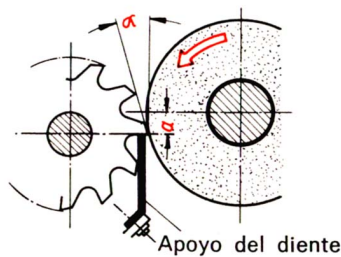
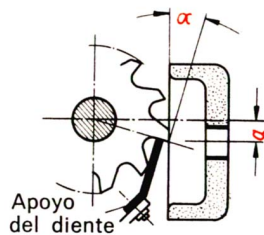
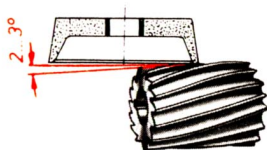
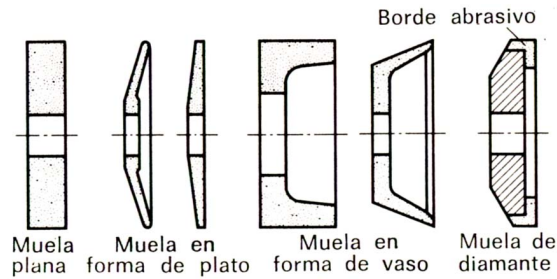
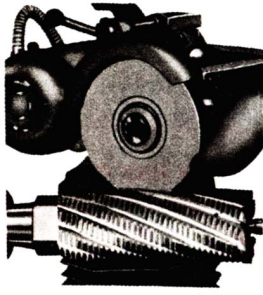


Figura 13: Afilado de una fresa en una máquina

Para el afilado se emplean muelas de forma y composición variadas. Según la forma se distinguen las muelas

planas, las de vaso y las de forma de platillo (Figura 14). Las de forma de vaso dan lugar a una superficie esmerilada recta; se utilizan predominantemente para el esmerilado de la superficie de incidencia (destalonado) (Figura 15). En la operación se dispone la muela de vaso con una oblicuidad de 2 a 3° respecto al eje de la fresa, con objeto de que en las fresas largas no llegue a esmerilar nada más que un canto de la muela. Se mantiene el ángulo de incidencia correcto cuando el eje de la muela está algo por debajo del centro de la fresa (Figura 16). Las distancia mínima a depende del ángulo de incidencia que se desee. Cuando se emplea una muela plana el eje de la muela debe estar un poco más alto que el centro de la fresa. Se obtiene aquí de todos los modos un esmerilado cóncavo (Figura 17). Con las máquinas de afilar con husillo porta-muela giratorio es posible un ajuste directo del ángulo de incidencia de acuerdo con una escala graduada. Con las muelas de forma de platillo se esmerila la superficie de ataque de la fresa (Figura 18). Para afilar fresas de acero de herramientas y de acero rápido se utilizan muelas de corindón puro. Para filos de metal duro se eligen los de carburo de silicio.





En el afilado de las fresas, el diente que se va a afilar se apoya mediante un dispositivo adecuado que se fija en una ranura dispuesta para ello en el bastidor o también en la guía de la mesa de la máquina. El diente así apoyado desliza con el movimiento de la mesa a lo largo de este apoyo fijo. La superficie a esmerilar de la fresa se mantiene de este modo siempre en la posición correcta respecto a la muela. No se necesita apoyo del diente cuando la fresa está sujeta para el esmerilado en un aparato divisor.

Los montajes divisores automáticos pueden aplicarse allí donde las superficies de ataque y de incidencia de herramienta con dentado recto o con dentado espiral se esmerilan o afilan por el procedimiento divisor.

- **FRESADORAS**

Según la posición del husillo porta-fresa se distingue entre fresadoras horizontales y fresadoras verticales.

- **Fresadoras horizontales**

El robusto husillo porta-fresa de la fresadora horizontal soportado horizontalmente en el bastidor, en soportes de deslizamiento o de rodamiento, aloja en el cono interior del cabezal del husillo el soporte porta-fresa, el husillo de enchufe, o recambiable, o el mandril de sujeción. El largo soporte porta-fresa va guiado en un cojinete del brazo contra-soporte. La pieza puede, con la mesa de fresar, moverse tanto en altura como paralelamente y perpendicularmente al husillo porta-fresa. El avance puede producirse a mano o automáticamente.

- **Fresadora vertical**

En la fresadora vertical (Figura 19) el husillo porta-fresa está apoyado verticalmente en un cabezal porta-fresa generalmente giratorio. La fresadora vertical se aplica generalmente para trabajos de fresado frontales. El resto de su constitución se corresponde esencialmente con el de la máquina fresadora horizontal.

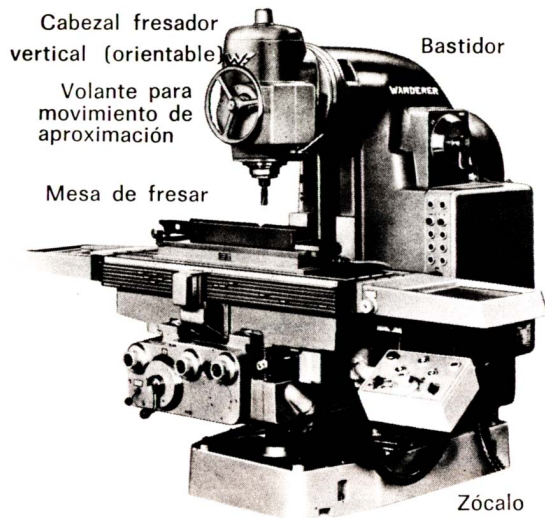


Figura 19: *Fresadora Vertical*

- **Fresadora universal**

La máquina fresadora universal (Figura 20) se caracteriza por la multitud de aplicaciones que tiene. Su principal nota característica la constituye su mesa inclinable que puede bascular tanto hacia la izquierda como hacia la derecha en 45°. Esta disposición sirve con ayuda del cabezal divisor para fresar ranuras espirales.

Si se quiere fresar en una pieza una ranura recta formando un cierto ángulo (por ejemplo ranuras oblicuas en el cuerpo de un cabezal de cuchillas), esto no se podrá conseguir mediante un giro de la mesa. Lo que habría que hacer se sujetar la pieza con el ángulo deseado sin girar la mesa.

El cabezal universal de que va provista la máquina permite la colocación de la fresa en cualquier posición arbitraria.

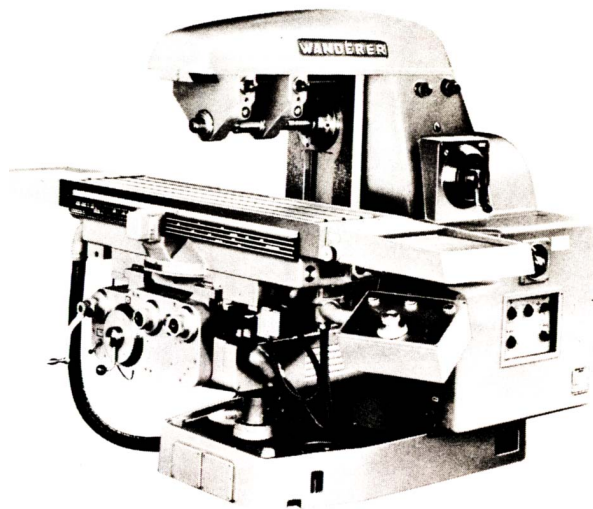


Figura 20: *Máquina fresadora universal (con mesa de fresar basculante)*

- **Fresadora universal**

Estas máquinas encuentran aplicación en mecánica fina, en construcción de herramientas y de moldes, en la fabricación de piezas sueltas y de pequeñas series. En estas aplicaciones tienen empleos muy variados mediante accesorios basculantes y fácilmente recambiables que las hacen aptas para toda clase de trabajos con arranque de viruta.

- **Otras máquinas fresadoras**

En las fresadoras para planear la mesa lleva únicamente el movimiento de avance y la fresa, por el contrario, realiza los movimientos de corte y de aproximación. Estas máquinas se prestan especialmente para las fabricaciones en grandes series.

Las máquinas fresadoras copiadoras (Figura 21) cuyos procesos de trabajo pueden mandarse a mano o de modo totalmente automático, permiten la fabricación de piezas con formas irregulares, de herramientas para trefiladores y para prensas y estampas siguiendo una plantilla, un modelo o un prototipo. El movimiento de un punzón que va palpando el modelo se transmite al husillo porta fresa por medios mecánicos, hidráulicos o electro hidráulicos con refuerzo electrónico. En algunas máquinas los movimientos del palpador pueden seguirse sobre una pantalla.

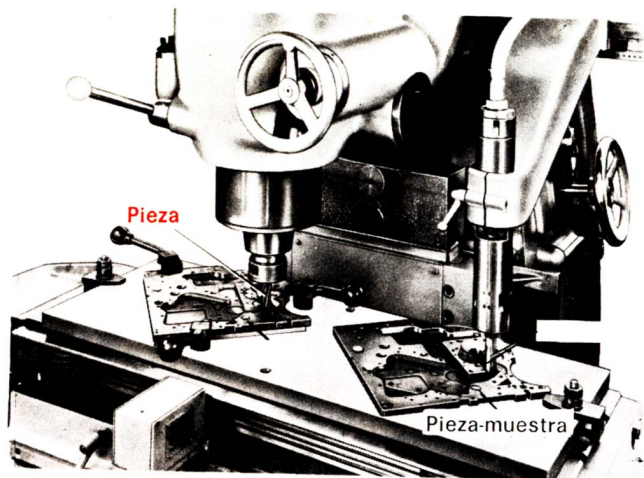


Figura 21: *Fresadora copiadora.*

En el fresado copiador se distinguen el fresado bidimensional (fresado en renglones) y el fresado tridimensional (fresado estéreo). En el fresado bidimensional, el palpador y la fresa se mueven sólo en un plano (dos coordenadas); en el fresado tridimensional se mueven además axialmente (tres coordenadas).

Existen máquinas fresadoras copiadoras horizontales y verticales.

Las máquinas fresadoras para roscar cortas y largas sirven como su nombre indica para la ejecución de roscas.

El fresado de forma para ruedas dentadas puede realizarse en cualquier fresadora horizontal. Los sucesivos saltos de diente a diente se realizan con ayuda del cabezal divisor. Para la fabricación en serie no resulta, sin embargo, económico este sistema. Por esta razón se emplean máquinas fresadoras especiales para ruedas dentadas, generalmente fresadoras por el procedimiento de envolvente o de rodadura, con las cuales se pueden obtener ruedas dentadas exactas y en muy breve espacio de tiempo.

En la fresadoras paralelas o en fresadoras de varios husillos pueden trabajarse rápidamente y con precisión grandes piezas, tales como bloques de motores, carcasas, bastidores de máquinas, etc, por lo general simultáneamente en varios planos.

• CABEZAL DIVISOR

El cabezal divisor se necesita para la fabricación de piezas en las que hay que realizar trabajos de fresado según determinadas divisiones (ruedas dentadas, cuadrados y hexágonos, árboles de chavetas múltiples, fresas, escariadores). Con su ayuda también es posible fresar ranuras en espiral.

En estos trabajos cabe distinguir la división sencilla o directa, la división indirecta y la división de compensación o división diferencial.

El cabezal divisor (aparato divisor universal) (Figura 22) consta de la carcasa en que va soportado el husillo del cabezal divisor. Este husillo sirve para alojar el montaje de sujeción. Las piezas a trabajar pueden sujetarse en voladizo o entre puntos. El disco divisor va fijado sobre el husillo del cabezal. En el aparato divisor también existe un mecanismo de tornillo sin fin necesario para la división indirecta, así como un dispositivo para la división diferencial y para el fresado de ranuras helicoidales.

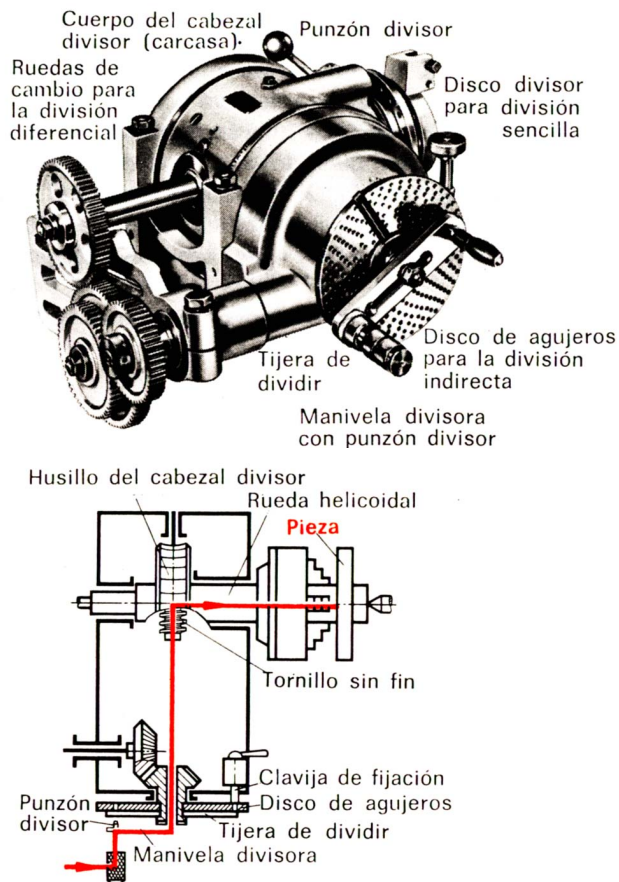


Figura 22: Cabezal divisor

• División sencilla (directa)

En el procedimiento de división directa no están engranados el tornillo sin fin y la rueda helicoidal. El engrane se obtiene en virtud del giro de un cojinete rotativo excéntricamente en que va soportado el tornillo sin fin. La división se produce en un disco divisor que generalmente tiene 24 agujeros o muescas (entalladuras) pero algunas veces también 16, 36, 42 ó 60.

El disco divisor en el que encaja un punzón divisor, está fijado al husillo del cabezal. En cada paso de

división, el disco divisor y con él la pieza girada en las correspondientes distancias entre agujeros. No pueden obtenerse más divisiones que las que permiten, sin resto, el número de agujeros o muescas del plato divisor. De este modo pueden realizarse divisiones con dispositivos sencillos, que generalmente poseen discos recambiables. Mediante la división directa se opera más rápidamente que con los otros procedimientos.

• División indirecta

En la división indirecta el husillo del cabezal divisor es accionado a través de un tornillo sin fin y una rueda helicoidal. La relación de transmisión del mecanismo de tornillo sin fin es $40 : 1$, es decir que 40 revoluciones de la manivela divisora suponen una revolución del husillo del cabezal divisor. Si, por ejemplo, se quiere tener una división decimal, para cada paso parcial serán necesarias $40 : 10 = 4$ vueltas de la manivela divisora. Para 32 divisiones, por ejemplo, se necesitarán $40 : 32 = 1 \frac{8}{32} = 1 \frac{1}{4}$ revoluciones. Para poder realizar el $\frac{1}{4}$ de revolución, hará falta un disco de agujeros con una circunferencia de agujeros cuyo número sea divisible por 4, por ejemplo la circunferencia de 16 agujeros daría $\frac{1}{4}$ de $16 = 4$. La manivela divisora desplazable radialmente se ajusta en esta circunferencia de agujeros y se hace girar en 4 distancias entre agujeros. En este procedimiento de división se sujeta el disco de agujeros mediante la clavija de fijación.

Los discos de agujeros (Figura 23) son recambiables. Tienen por lo general de seis a ocho circunferencias de agujeros con diferentes números de agujeros. Dentro de cada circunferencia las distancias entre agujeros son iguales. La división se facilita mediante la utilización de la tijera de dividir (Figura 24). Se ahorra uno el tiempo perdido en el engorroso recuento de agujeros, expuesto además a equivocaciones. Entre ambos brazos de la tijera siempre tiene que haber un agujero más que el número de espacios entre ellos que se había calculado. Para evitar errores en la división hay que tener cuidado al seguir dividiendo, de que la manivela gire siempre por error, habrá que retroceder suficientemente la manivela para eliminar la acción del recorrido muerto, y entonces volver a girar hacia delante.

También pueden realizarse por el procedimiento indirecto divisiones que vayan dadas en forma de ángulo.

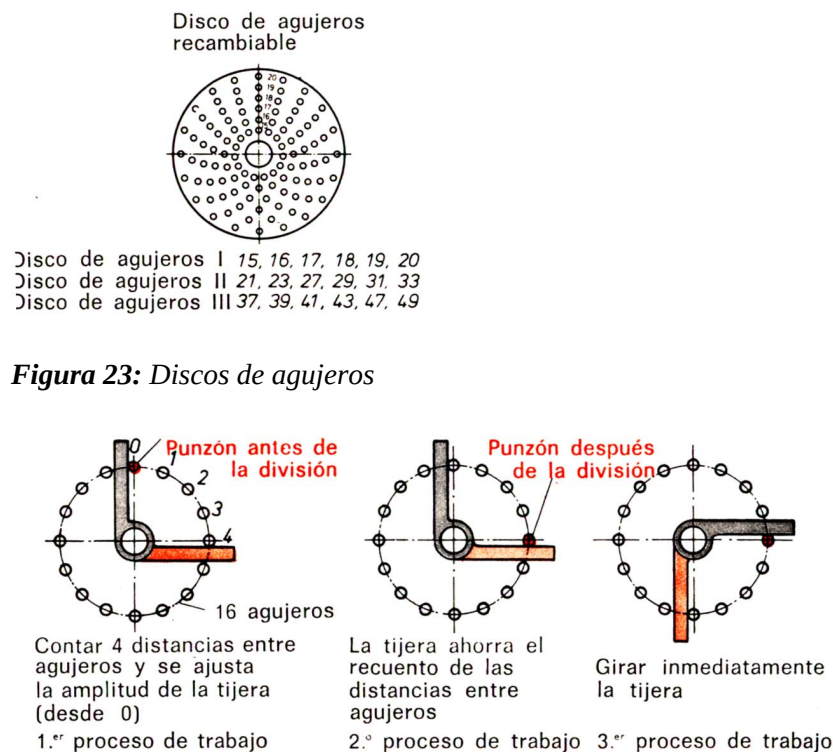


Figura 23: Discos de agujeros

• División diferencial

La división diferencial constituye una ampliación del procedimiento indirecto de división. Se emplea en los casos en que no es posible la división indirecta por no existir en ninguno de los discos los agujeros, las circunferencias de agujeros necesarias. Se elige por ello un número auxiliar de división (T') que pueda ser obtenido por división indirecta y que pueda ser mayor o menor que el número pedido (T). La diferencia resultante ($T' - T$) se compensa mediante un movimiento de giro del disco de agujeros se produce partiendo del husillo del cabezal a través de ruedas de cambio. Debe marchar paralelamente al movimiento de la manivela de división cuando T' es mayor que T , tener sentido opuesto cuando T' se eligió menor que T . En la división diferencial el disco de agujeros no debe quedar sujeto a la carcasa mediante la clavija de fijación, tal como sucede en la división indirecta (Figura 25). Tiene que poder girar, con la clavija suelta.

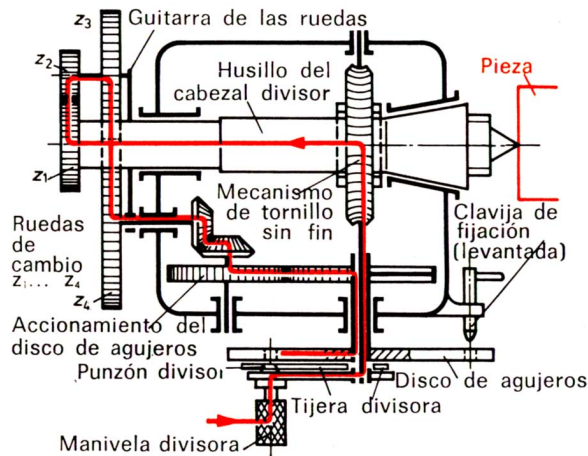


Figura 25: Divisor diferencial.

• Fresado de ranuras espirales

En el fresado de ranuras (ranuras helicoidales), como por ejemplo en la fabricación de fresas con un dentado especial, de escariadores, de brocas espirales, así como de brocas helicoidales, es necesario que el útil realice durante el proceso de fresado un movimiento rectilíneo y uno de rotación.

El movimiento rectilíneo de avance se realiza por medio del husillo de mesa. El movimiento uniforme de giro se produce partiendo del husillo de mesa, a través de ruedas de cambio, ruedas cónicas, ruedas rectas, disco de agujero, clavija divisora, tornillo sin fin y rueda helicoidal, sobre el husillo del cabezal divisor (Figura 26). No pueden proveerse de ranuras espirales nada más que las piezas cuya división pueda realizarse por el método indirecto. En el fresado de ranuras helicoidales hay que elegir la relación de dientes de las ruedas de cambio de tal modo que el avance de la mesa para una revolución completa de la pieza sea igual al paso pedido para la hélice.

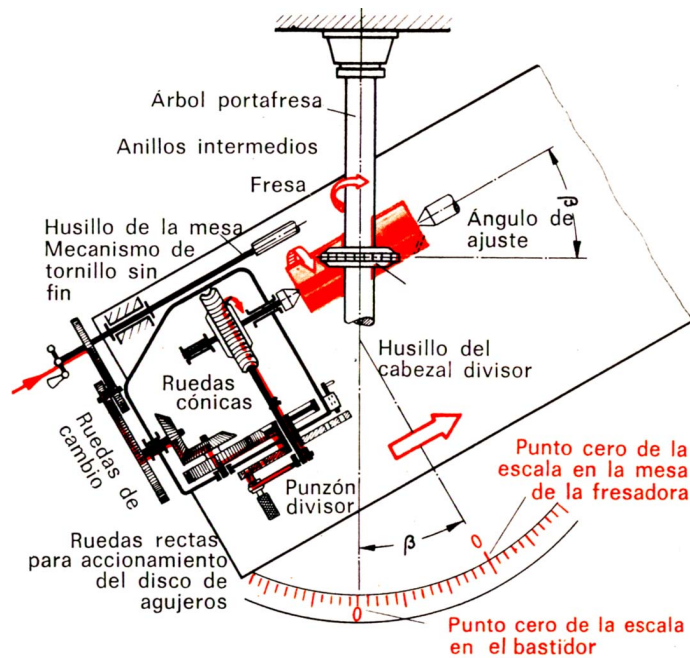


Figura 26: Fresado de ranuras helicoidales.

La pieza tiene que colocarse mediante basculación de la mesa de la máquina oblicua al eje de la pieza con oblicuidad igual al ángulo de posición o de ajuste. Esto no resulta posible de conseguir nada más que en una fresadora universal o en una máquina fresadora dotada de un cabezal basculante.

Si las piezas han de llevar varias ranuras espirales, tendrá que realizarse la división de las distintas ranuras igualmente con el cabezal divisor.

Con objeto de disminuir la proporción, a veces importante, de los tiempos invertidos en la de fresar, así como para satisfacer las más altas exigencias en cuanto a precisión, se emplean aparatos divisores ópticos, hidráulicos, neumáticos y electro-automáticos.

El cabezal divisor es un aparato muy valioso y de gran precisión. Exige grandes cuidados en su uso y conservación.

• **SUJECCIÓN DE LAS PIEZAS**

Las piezas que se van a fresar tienen que estar sujetas firmemente. De esto depende la precisión de medidas y la limpieza del trabajo, así como la seguridad frente a accidente. Si la pieza no está fuertemente sujeta, la fuerza de corte de la fresa la arrancará.

En la sujeción, sobre todo cuando se trata de piezas que han de trabajarse con gran precisión, hay que atender a que no resulten deformadas las piezas a consecuencia de un impropio modo de apretar los tornillos de sujeción. Las piezas después de sueltas volverían por elasticidad a adquirir su posición primitiva, y las superficies trabajadas no guardarían la forma ni la posición pedidas respecto a otras superficies. En piezas que en casos de gran arranque de viruta se deforman generalmente, lo que debe hacerse, antes de la pasada final de alisado, es aflojar los tornillos de sujeción y volverlos a apretar únicamente lo necesario.

Reglas para el trabajo

- Sujetar las piezas rígidamente, tan bajas y tan próximas al bastidor como sea posible.
- Las piezas débiles hay que asegurarlas de tal modo que al ser trabajadas no pueden flexar.

- Con objeto de que la pieza tenga un buen apoyo, hay que limpiar bien la mesa de la máquina antes de proceder a su sujeción.
- Los tornillos de sujeción tienen que ser apropiados para las ranuras en T.

Figura 7: *Juego de fresas.*

Figura 8: *Dentado recto y dentado espiral.*

Figura 9: *Fresa con dentado en cruz.*

Figura 14: *Formas de las muelas.*

Figura 15: *Afilado con muela de vaso.*

Figura 16: *Afilado de la superficie de incidencia con muela de vaso.*

Figura 17: *Afilado de la superficie de incidencia con muela plana.*

Figura 18: *Afilado de la superficie de ataque con muela de platillo.*

Figura 24: *Empleo de la tijera en la división*