

Unidad Temática N° 4: AGUJEREADO o TALADRADO – ALESADO y ESCARIADO

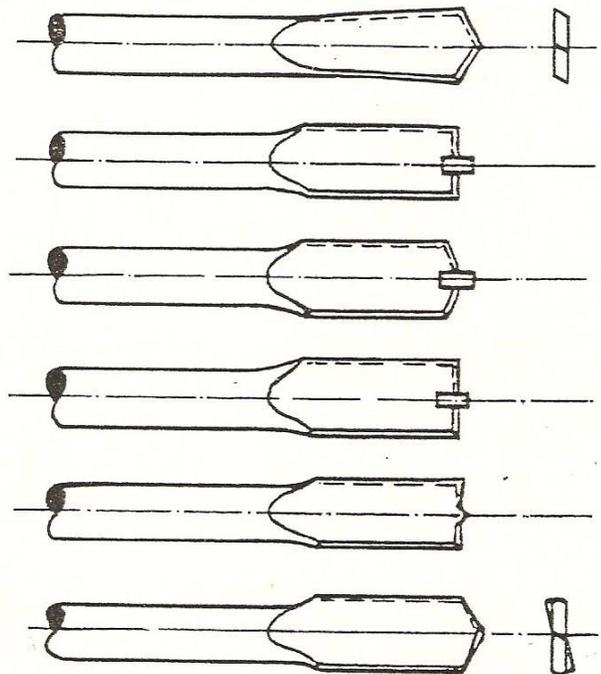
AGUJEREADO o TALADRADO

Se denomina Taladrado o Agujereado a la operación de mecanizado con arranque de viruta por la cual se obtiene una cavidad cilíndrica (agujero) en una pieza maciza. La máquina herramienta utilizada se denomina Taladradora o Agujereadora. La herramienta de corte presenta dos filos de cortantes y se la denomina técnicamente BROCA y comúnmente MECHA. Durante la operación de corte la broca ejecuta el movimiento principal de corte, girando sobre su eje y el de avance al desplazarse axialmente a su eje.

Sin que ello sea excluyente podemos adoptar la siguiente clasificación de las brocas:

- a. Planas o de punta.
- b. Helicoidales, americanas o salomónicas.
- c. Especiales.

Planas o de punta: Fueron las primeras brocas construidas. En la actualidad su uso se ha reducido para el agujereado de materiales blandos (aluminio, madera, etc.). En términos generales consisten en una pieza cilíndrica de acero, uno de cuyo extremo se aplana por forjado, y en sus bordes se construyen los filos cortantes por biselado y luego se lo somete a un tratamiento térmico. El otro extremo se utiliza para la sujeción de la broca. Presentan la dificultad del centrado inicial, para lo cual la punta adquiere distintas formas:



— Brocas chatas de lanza, de punta, de guía y de punta de centro.

Helicoidales, americanas o salomónicas: Son el resultado de experiencias realizadas a fin de obtener una cavidad centrada de dimensiones exactas en toda su longitud y con un grado de terminación conveniente de la superficie mecanizada. En la misma debemos distinguir lo siguiente:

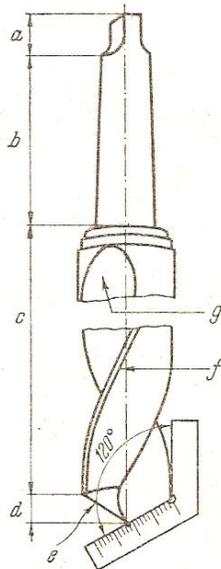


Fig. 298. — (a) tenón; (b) cola; (c) cuerpo; (d) punta; (e) borde cortante; (f) guía helicoidal cilíndrica; (g) acanaladura para salida de la viruta.

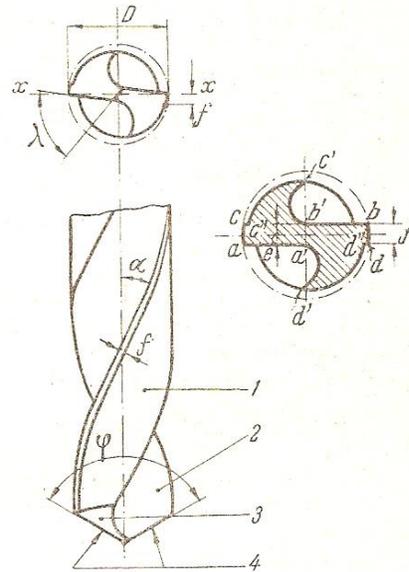
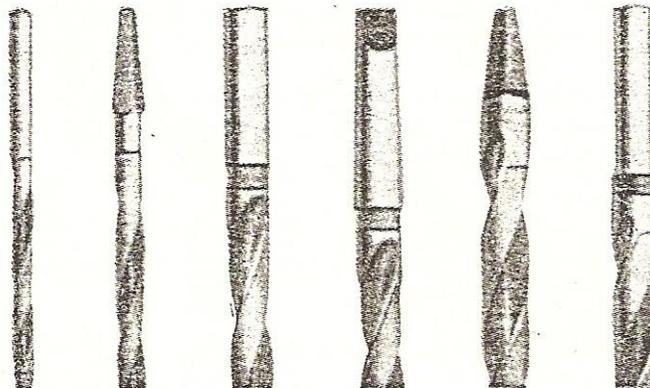


Fig. 299. — (1) superficie de despojo lateral; (2) cara anterior de despojo; (3) cara posterior de despojo; (4) bordes cortantes.

Una parte “pasiva” que se utiliza para sujetar la broca y que se la denomina mango, espiga, vástago, cola, etc. y que puede adoptar distintas formas (cilíndricas, cónicas, piramidal, cuadrangular, tronco-cónica, etc.). A través de la misma se sujeta la broca en el correspondiente mandril o porta-mecha de la máquina herramienta.



Una parte “activa” que es la que realiza el corte y que esta formada por el cuerpo y la punta. En el cuerpo se construyen dos canaletas o acanaladuras denominadas estrías o gavilanes,

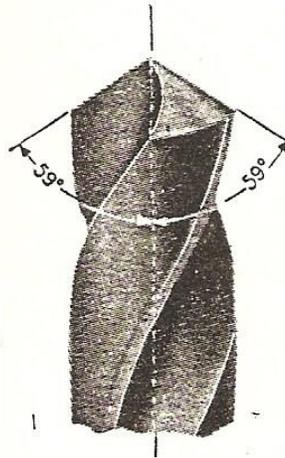
siguiendo unas trayectorias helicoidales diametralmente opuestas y que sirven de canal de salida a las virutas que se van cortando. Para darle resistencia a la broca las acanaladuras disminuyen de profundidad a medida que se alejan de la punta. La parte central de la broca (material sólido) se denomina “alma”.

A fin de disminuir el efecto de rozamiento entre broca y material en trabajo, el cuerpo tiene un pequeño borde rectificando, opuesto diametralmente denominado “margen” o “resalte”, de esta manera se evita el roce de toda la superficie de la broca. Sirve además de guía para mantener el diámetro exacto en toda su longitud. La punta de la broca constituye la parte cortante de la misma y se forma por la intersección de las dos acanaladuras. Los filos resultantes forman entre sí un cierto ángulo denominado de “punta”. El vértice del cono de la punta, constituye el punto muerto por no cortar el material y actúa como un punzón contra el material. Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta, principalmente en brocas de cierto diámetro porque aumenta el efecto de rozamiento.

Desde el punto de vista económico, el mayor rendimiento de una broca se obtiene cuando con la misma se logra “agujeros cilíndricos, precisos y rectos, con el mínimo consumo de energía, con la mayor vida útil de los filos y en el menor tiempo posible.” Par cumplir con estas condiciones se debe tener en cuenta lo siguiente:

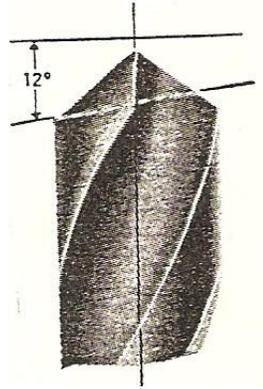
El valor de los ángulos de punta, incidencia y lateral:

1. *Ángulo de punta:* Los ensayos realizados indicaron que un ángulo de 120° es el mejor valor para centrar la broca y mantenerla en dichas condiciones durante el mecanizado sin que la misma “zafe”. Es requisito también que ambos filos cortantes sean del mismo ángulo de inclinación con respecto al eje de la broca (59°). En el caso de taladrado sobre materiales blandos se puede utilizar mayor valor de ángulo ($130-140^\circ$).

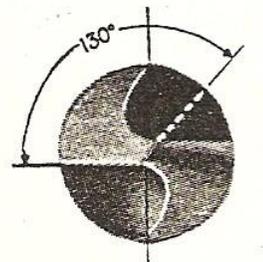


2. *Ángulo de incidencia:* Las superficies cónicas que forman la punta de la broca están rebajadas hacia atrás a partir de cada filo: este espacio libre denominado “destalonado” debe ir creciendo a medida que se aproxima al centro de la broca y tiene por finalidad reducir la fricción contra el fondo del agujero. El ángulo se denomina de incidencia (α) y su valor debe variar entre 10° y 12° . Un valor menor impide que la broca corte con

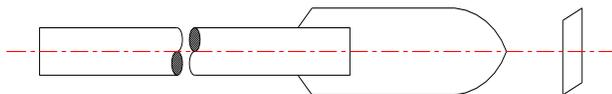
libertad y uno mayor que los filos pierdan efectividad con rapidez. La causa de rajaduras de las brocas en el sentido de su eje principal es debida a la inclinación inadecuada de las caras cónicas. Si no estuviera este espacio libre la broca no penetra y solamente rozaría contra el material.



3. *Ángulo lateral:* Debido al espesor o alma de la broca y a la inclinación que debe darse detrás de los filos cortantes para obtener el ángulo de incidencia el punto muerto es en realidad una "línea". La misma debe formar con los filos cortantes un ángulo igual o mayor a 125° . Normalmente se adopta 135° y constituye el ángulo lateral.



Brocas especiales: se consideran dentro de este grupo a todas aquellas que se construyen para un fin determinado. Por lo tanto pueden o no tener las características generales indicadas para las helicoidales. Así por ejemplo para agujerear vidrio se utiliza una broca que consiste simplemente en un vástago cilíndrico que en un extremo presenta una placa o ensanchamiento terminada en punta. Se obtiene un agujero prácticamente sin producir virutas y sin rajar el vidrio. Se debe utilizar abundante lubricante con aguarrás o kerosene.



Fuerza y Potencia de corte:

- a) **Fuerza de Corte:** La broca como presenta dos filos cortantes, cada uno de ellos corta una sección de viruta de valor:

$$q(\text{mm}^2) = \frac{a}{2} \times \frac{d}{2}$$

Siendo: a: avance de la broca (mm/vuelta)

b: diámetro de la broca (mm)

Como reacción al corte se origina una fuerza que se expresara por la siguiente expresión:

$$R(\text{kg}) = q(\text{mm}^2) \times K_2 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

Dónde: K_2 : Resistencia unitaria de corte para el taladrado.

La fuerza axial de penetración o de corte es la componente vertical de "R" cuyo valor para cada borde cortante será:

$$\frac{F}{2} = R \times \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{a \times d}{4} \times K_2 \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

De donde:

$$F = \frac{d}{2} \times a \times K_2 \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

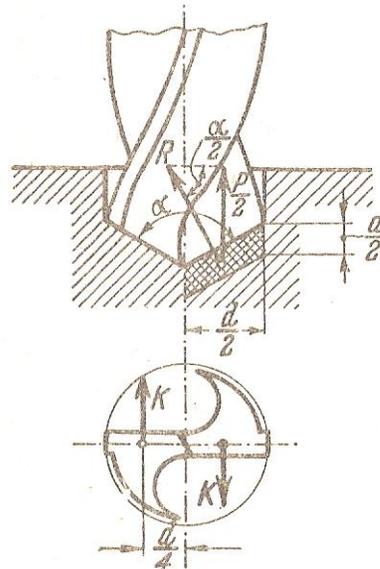


Fig. 363.

Para determinar el valor de $a \times K_2$ se puede utilizar el gráfico de Codrón o Coudrón, trazado en base a resultados de ensayos. En dicho gráfico la abscisa tiene valores de avances en

(mm/vuelta) y en ordenadas los de la variable $a \times K_2$; en el plano rectas inclinadas representativas de distintos materiales. Conociendo el valor de "a" (dato o adoptado) y el tipo de material a mecanizar se determina el valor de $a \times K_2$.

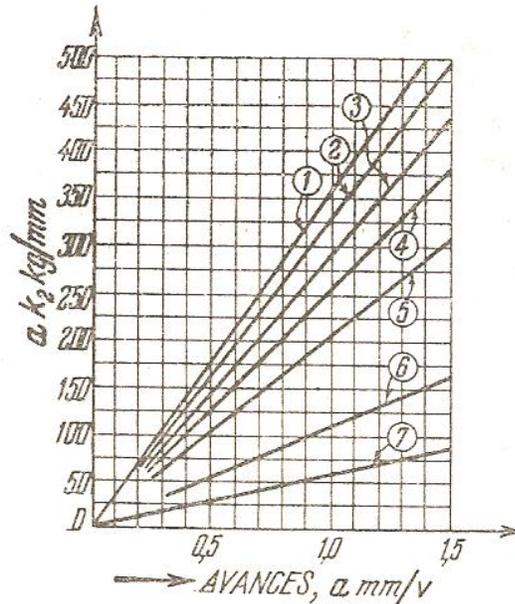


Fig. 364. — Valor de ak_2 para distintos avances y materiales: (1) acero de herramienta; (2) fundición dura; (3) acero moldeado; (4) acero S. Martín; (5) fundición gris; (6) bronce fosforoso; (7) bronce y latón.

b) Potencia de Corte: Al ser el movimiento principal de corte el de rotación, en cada filo cortante se origina un momento aplicado en el punto de valor $d/4$. Su valor será:

$$M_r = 2 \times F \times \frac{d}{4}$$

Donde "F" representa el valor de $q \times K_1$, siendo K_1 la componente horizontal de la resistencia al corte, luego será:

$$M_r = 2 \times \frac{a \times d}{4} \times K_1 \times \frac{d}{4} = \frac{d^2}{8} \times a \times K_1$$

Como estudiamos oportunamente el momento de rotación también lo podemos expresar por:

$$M_r = F \times r = 716200 \times \frac{N}{n}$$

De donde resulta:

$$N(CV) = \frac{M_r \times n}{716200} = \frac{d^2 \times a \times K_1 \times n}{8 \times 716200}$$

La potencia calculada por la expresión anterior es únicamente la necesaria para el corte propiamente dicho. La potencia total se obtiene considerando un cierto rendimiento mecánico.

El valor de $a \times K_1$ lo podemos obtener también gráficamente, que también fue trazado en base a las experiencias de Codrón.

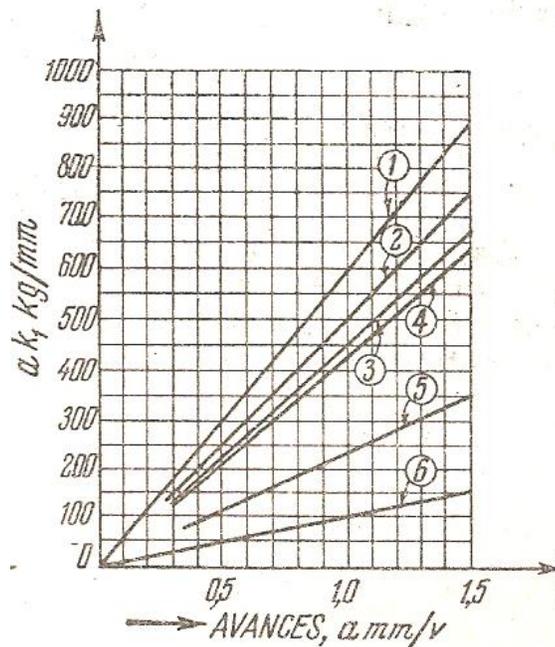
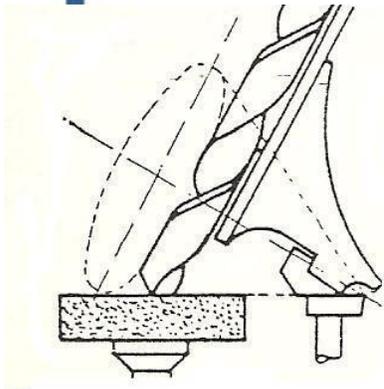


Fig. 365. — Valores de ak_1 para distintos avances y materiales: (1) acero de herramientas; (2) acero S. Martín; (3) acero moldeado; (4) fundición dura; (5) fundición gris; (6) bronce.

Mantenimiento de la Broca:

Desde el punto de vista económico es necesario prolongar al máximo la vida útil de la broca. Para ello se deberá tener en cuenta los siguientes factores:

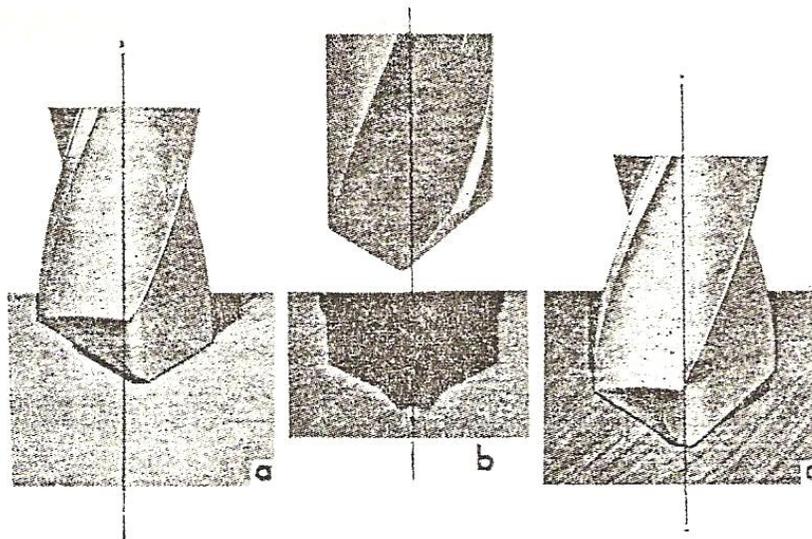
- a) Velocidad de corte y de avance: La velocidad de corte, como sabemos, es una velocidad tangencial proporcional al diámetro de la broca y a su velocidad de rotación. Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta ya que la misma variara, para un mismo



material, según el diámetro del agujero a mecanizar. Cada material tiene una velocidad de corte conveniente, que se tiene que mantener constante, por lo tanto de acuerdo al diámetro de la mecha se deberá fijar la velocidad de rotación de la misma.

La velocidad de avance debe también estar de acuerdo con el diámetro por la resistencia al mecanizado que ofrece el material. En general las brocas de mayor diámetro soportan mayor avance por vuelta, ya que la de menor no resisten el esfuerzo de compresión consecuencia del alto valor de avance produciéndose su rotura.

- b) **Afilado de la broca:** Únicamente las brocas bien afiladas permiten obtener agujeros lisos con diámetros exactos y de valor constante. Ahora bien todo afilado provoca desgaste de la broca y como desde el punto de vista económico se debe prolongar al máximo su vida útil, la oportunidad y la manera de efectuar su reafilado es de suma importancia. Una broca debe ser reafilada antes que los filos dejen de cortar, por lo difícil que resulta reconstruir correctamente a los mismos y además para obtener los ángulos de corte se debe desgastar mucho la broca. La mejor orientación para proceder al reafilado es cuando se percibe chirridos durante su utilización. Siempre que sea posible y sobre todo si la broca es de cierto diámetro, el afilado debe realizarse en forma mecánica, ya que en el afilado manual el valor de los ángulos de corte dependerá de la mayor o menor habilidad del operario. Además como mencionamos anteriormente el largo y la altura del filo deben ser iguales. Si ello no ocurre pueden ocurrir defectos en el mecanizado como ser agujeros de mayor diámetro, debido a la posición excéntrica de la punta de la broca, consecuencia de la diferencia de longitud y altura del filo. Esto hace que trabaje solamente un filo de la herramienta embotándose en seguida.



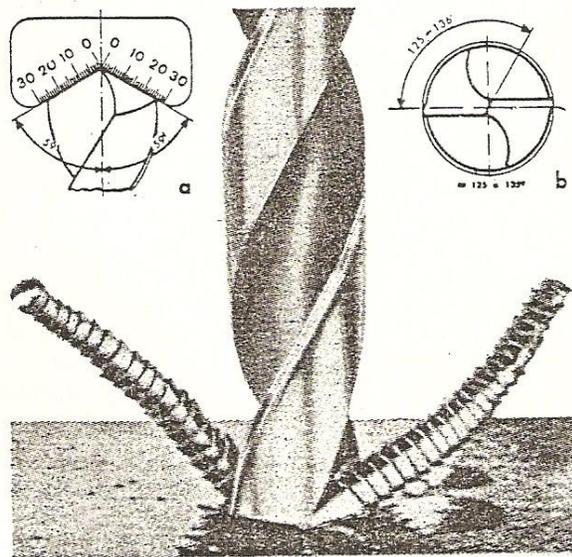
— Defectos cometidos en el reafilado de las brocas y sus consecuencias.

Si son desiguales las longitudes de los filos (fig. b), así como el valor de sus ángulos, resulta también un agujero de mayor diámetro. Finalmente si los filos en el mismo punto del eje lo hacen bajo diferentes ángulos, el corte es mayor sobre un filo experimentado la broca u empuje lateral que tiende a desviarla de su dirección aumentando también el diámetro del agujero (fig. c).

Una punta bien afilada debe producir virutas de forma rizada, continua y regular y de dimensiones idénticas en largo y espesor como se indica en la figura.

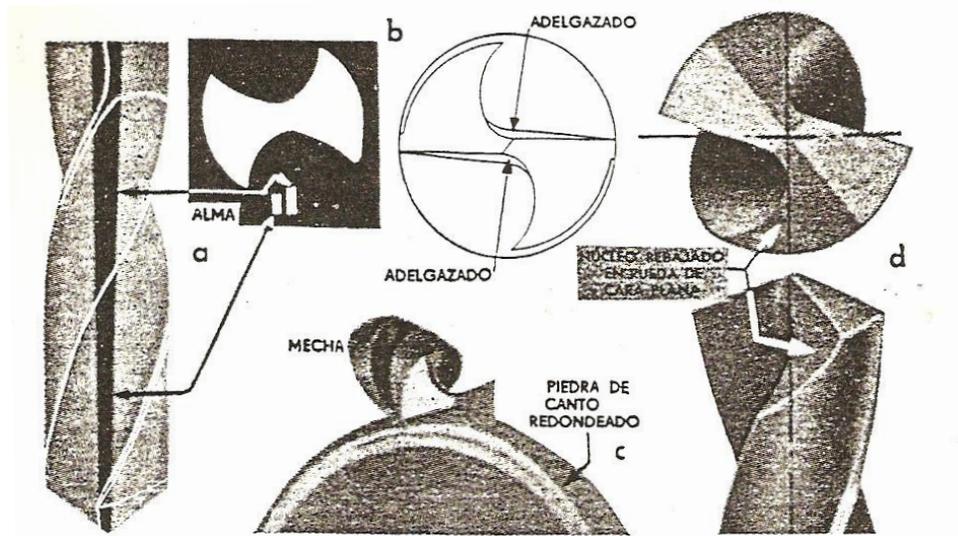
Una punta mal afilada produce virutas irregulares, cortas y sin rizar, lo que exige mayor potencia y puede producir rotura de la broca.

Al comenzar el mecanizado, sobre todo si el agujero es de cierta dimensión, es conveniente trabajar con avances y velocidades reducidas, para que el calentamiento de la broca se produzca en forma progresiva. Esta acción contribuye a una mayor duración de la misma.



— Ángulos correctos producen virutas rizadas, continuas e iguales.

En la operación de reafilado de una broca, se debe tener en cuenta, además que su núcleo aumenta de dimensiones desde la punta hacia la espiga. Como consecuencia de ello y a medida que la broca soporta reafilados la punta de la misma se ensancha (línea neutra), lo que exige mayor potencia de mecanizado. Puede ocurrir también que la sección de las acanaladuras disminuya con lo que se dificulta la salida de la viruta. Para disminuir el punto o centro muerto y que la punta conserve la misma calidad de penetración, es necesario adelgazar la zona de la punta a medida que se va reafilando la broca. Ello se puede realizar de las siguientes maneras: 1) – Rebajar las estrías con una piedra (muela) de canto redondeado de modo que la misma solo trabaje la parte interna de los canales (fig. b y c siguientes); 2) – Formar un bisel en el borde trasero del talón (o labios inclinados, fig. d), empleando una muela de canto recto (plana).



Formas de adelgazamiento del alma de la broca, con la piedra adecuada en cada caso, cuando la misma se va acortando por sucesivos realfilados.

Lubricación y Refrigeración: La lubricación y/o refrigeración contribuye a prolongar la vida útil de la broca al producir los siguientes efectos:

- Disipar el calor generado por el corte.
- Disminuir el rozamiento entre broca y material.
- Facilitar el deslizamiento de las virutas en las acanaladuras.
- Reducir la fuerza necesaria para el corte.
- Limpiar el área de corte para evitar que las rebabas o pequeñas virutas (astillas) se suelden a la herramienta.
- Mejorar la terminación de la superficie de corte.

El lubricante normalmente utilizado es aceite emulsionado (color blanco), son aceites solubles disueltos en agua en la proporción de 25%. En general se recomienda los siguientes lubricantes:

Material a mecanizar	Lubricante recomendado
Aceros duros	Kerosene, aceite de trementina, agua jabonosa
Fundición maleable	Agua jabonosa
Aluminio y aleaciones	Agua jabonosa y kerosene
Bronce y latón	Sin lubricante, en seco
Mármol	Agua fría
Fundición gris	En seco o con aire comprimido
Plásticos	En seco o con aire comprimido

El líquido lubricante y/o refrigerante se debe agregar de tal manera que caiga sobre los filos de la broca. Para trabajos especiales se utilizan brocas que poseen conductos internos para la lubricación y/o refrigeración.

Tiempo de mecanizado para el taladrado: Se determina en base a la formula general:

$$T_m = n_p \times t_p \text{ (Número de pasadas por tiempo por pasada)}$$

$$\text{En este caso } n_p = 1 ; t_p = \frac{n'}{n} \left[\frac{N^\circ \text{ vueltas de la broca}}{\left(\frac{\text{vueltas}}{\text{minuto}}\right) \text{ de la broca}} \right]$$

A su vez también se tiene que

$$L(\text{mm}) = a \left(\frac{\text{mm}}{\text{vuelta}} \right) \times n' (\text{N}^\circ \text{ de vueltas de la broca})$$

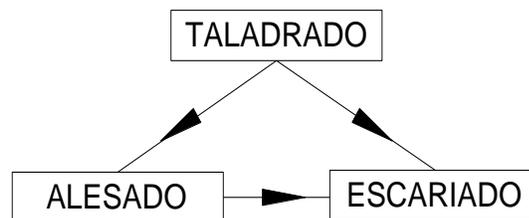
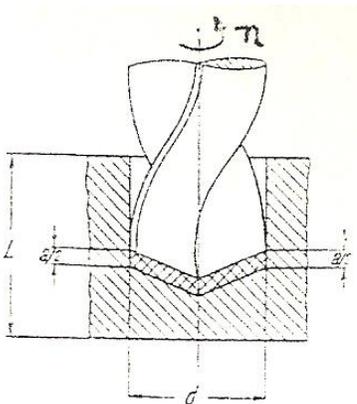
Luego:

$$t_p = \frac{L}{a \times n} = T_m$$

Conviene tomar como valor de “L” el de la longitud a mecanizar más un 1 a 2%, teniendo en cuenta que la misma debe atravesar el material. Además si no se consideró en el “tiempo de preparación”, de deberá sumar también el utilizado para retirar la broca.

ALESADO y ESCARIADO

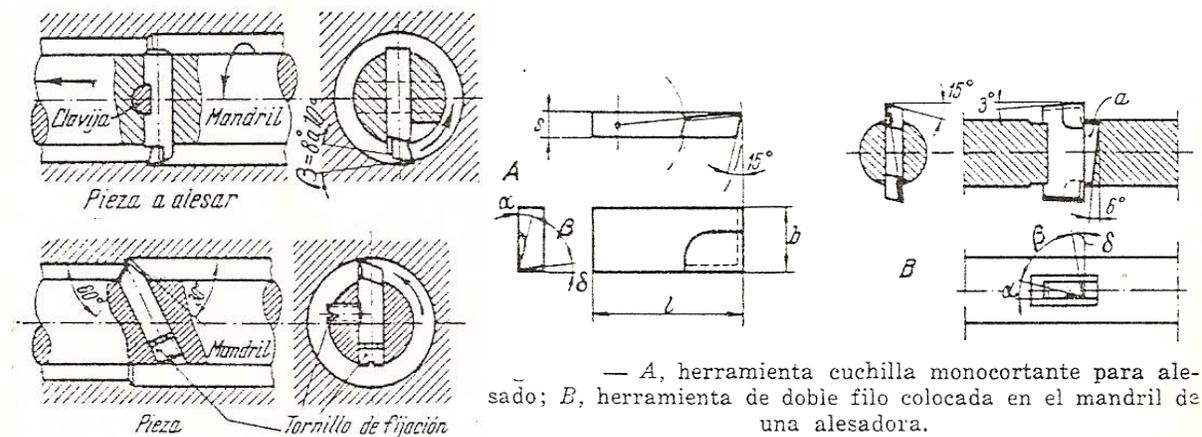
Se consideran operaciones complementarias al taladrado, ya que para ejecutarlas es necesaria la existencia de un agujero. En bibliografía sobre el tema no se aclara cuando la operación debe ser denominada “alesado” y cuando “escariado”. Por tal motivo y en base de los escariadores, definiremos como ALESADO, cuando la finalidad de la operación es aumentar las dimensiones del agujero existente cortando un cierto espesor de viruta, y como ESCARIADO, cuando la finalidad es rectificar la superficie de un agujero existente y llevarlo a dimensiones exactas cortando un “mínimo” espesor. Resumiendo, partiendo de una pieza maciza se realizara primero una operación de “taladrado”, luego una de “alesado” y finalmente un “escariado”, o bien primero un “taladrado” y luego un “escariado”.



Alesado: Desde el punto de vista práctico, cualquier herramienta que permite aumentar las dimensiones de un agujero existente lleva a una operación de alesado. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, la operación es un verdadero “alesado” cuando se

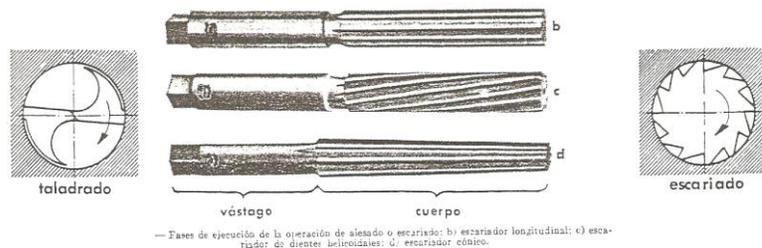
realiza colocando la herramienta de corte (similar a la de un torno) en un eje giratorio denominado “mandril”. Es por ello también que algunos autores denominan a la operación MANDRILLADO. Normalmente la operación la pieza permanece en reposo, mientras la herramienta gira y avanza, lo que no excluye que se efectuó el proceso inverso. La herramienta de corte puede ser fija o graduable. En el primer caso se la mantiene fija por acción de un pasador o clavija. Se las utiliza normalmente para el trabajo en una sola pasada. En las graduables, un tornillo de empuje, permite el desplazamiento longitudinalmente de la herramienta aumentando el diámetro, luego de cada pasada.

Una variante lo constituye la herramienta denominada de “cuchilla”, por su forma plana. El filo se construye en un extremo o en ambos.

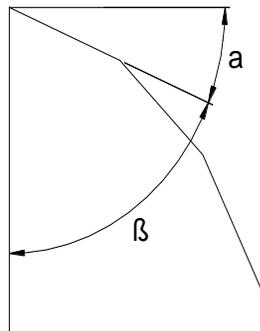


Escariado: La herramienta de corte se denomina técnicamente ESCARIADOR, CALIBRADOR o ALISADOR, y comúnmente CALISUAR. Su función es rectificar y llevar a medida exacta las dimensiones de un agujero. También se la utiliza para ajustar las dimensiones del agujero entre dos chapas o piezas que deben unirse a través de un perno. También para transformar agujeros cilíndricos en cónicos. Se la considera una herramienta de filo múltiple. Puede ser de uso manual o mecánico, pero sus características generales son iguales, variando únicamente la forma de sostén (agarre) para su funcionamiento. En general, lo podemos agrupar en a) – Fijos y b) – Regulables.

- a) **Fijos:** Debemos considerar una parte pasiva o vástago, que constituye la parte de sujeción a través de una manija (manual) o el husillo de la máquina herramienta. En la activa tenemos, el cuerpo y la punta, ligeramente cónica para facilitar su introducción en el agujero.



El cuerpo presenta acanaladuras rectas o helicoidales, dispuestas de tal manera que forman los filos cortantes. Los de dientes helicoidales, permiten un giro y corte más suave, obteniéndose un agujero más limpio y sin ralladuras, pero tienen el inconveniente que necesitan un mayor esfuerzo para el avance. En una sección transversal tenemos los siguientes ángulos de corte:

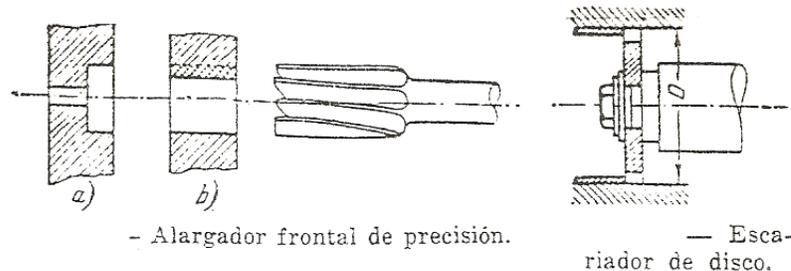


a: Ángulo de incidencia.....2° a 7°
 β: Ángulo de filo.....83° a 89°

No existe ángulo de despojo porque va dirigido al centro de la herramienta. El número de dientes o filos cortantes debe ser el suficiente para que el escariado se guie así mismo a través del agujero (mínimo 4 y siempre en número par para facilidad de calibrado). Normalmente el número de dientes esta en relación al diámetro del escariador de acuerdo a lo siguiente:

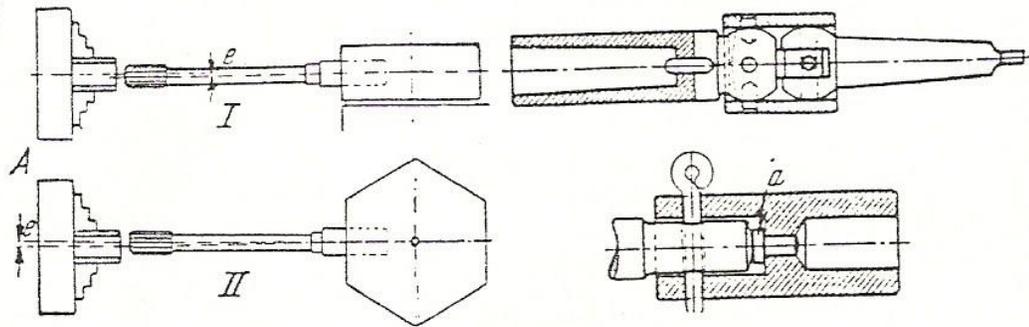
- Diámetro hasta 12 mmtiene 6 dientes
- Diámetro 12 a 32 mm.....tiene 8 dientes
- Diámetro 33 a 45 mm.....tiene 12 dientes
- Diámetro 46 a 57 mm.....tiene 14 dientes
- Diámetro 58 a 70 mm.....tiene 16 dientes

Se construyen también escariadores de acción frontal, es decir los filos cortantes están dispuestos en la punta en forma similar a las fresas, por lo cual también se los denomina de “corona”. Se utilizan únicamente para trabajos de desbaste, porque el mecanizado tiene irregularidades de superficie. Existen también escariadores de discos intercambiables que se utiliza para el calibrado de agujeros de ciertas dimensiones.

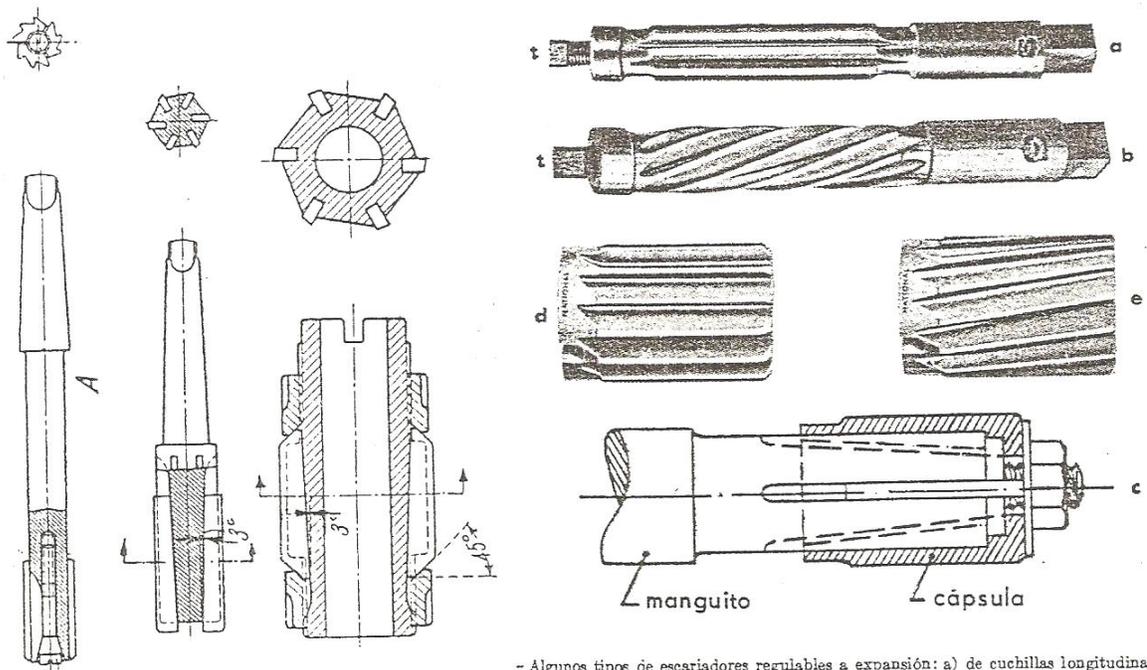


Los escariadores mecánicos pueden ser utilizados en cualquier máquina herramienta, cuyo movimiento principal es el de rotación (Agujereadoras verticales, tornos, fresadoras de husillo

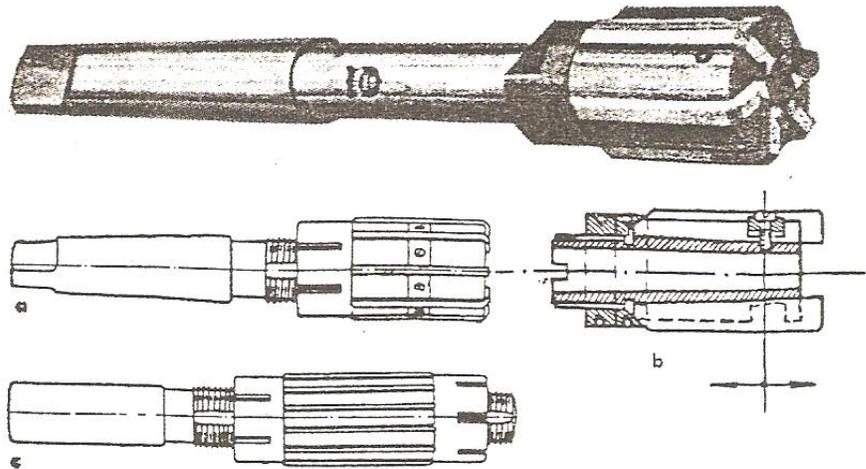
vertical, etc.). En estos casos, normalmente se utilizan los denominados “escariadores oscilantes” para compensar la diferencia entre el eje geométrico del husillo y el de la herramienta.



- b) Regulables o de Expansión: También denominados desplazables, porque los filos cortantes se construyen sobre cuchillas que pueden desplazarse radialmente en ranuras construidas en el cuerpo del escariador. El desplazamiento puede lograrse por diversos mecanismos, como por ejemplo por el de un cono. Presentan la ventaja sobre los fijos, que las cuchillas pueden ser cambiadas cuando llegan al límite de desgaste por reafilado, por lo tanto no varía su rango de acción. Lógicamente son de mayor costo.



- Algunos tipos de escariadores regulables a expansión: a) de cuchillas longitudinales; b) de cuchillas helicoidales; c, d y e) de manguito y cápsula.



— Calisuares registrables a expansión de cuchillas cambiables, para agujeros pasantes y ciegos.

Los “escariadores” son herramientas de costo elevado, por lo cual se debe prolongar al máximo su vida útil. Ello se consigue teniendo en cuenta lo siguiente:

- Que un escariador debe utilizarse para cortar mínimo de espesor, necesario para el rectificado de la superficie y ajuste de las dimensiones.
- Si el espesor a cortar es de cierto valor y no se dispone de otro medio de mecanizado, se debe utilizar primero un escariador de desbaste y luego uno de ajuste final.
- Que el escariador, principalmente cuando el accionamiento es manual se debe girar siempre en el sentido de corte de los filos. Bajo ningún concepto se debe efectuar un movimiento de vaivén (giro opuesto).
- Que no se debe forzar la introducción del escariador en el agujero.
- Que el avance del escariador debe producirse con el mínimo de esfuerzo. Principalmente debe avanzar por su propio peso.
- Utilizar lubricante adecuado, si el material en trabajo lo permite.
- No apoyar el escariador sobre metal. Siempre hacerlo sobre madera, para proteger el filo.
- Limarlo periódicamente durante su uso, con aire comprimido.
- La palanca (uso manual) o el porta herramienta (uso mecánico) debe encastrar perfectamente en el vástago del escariador.
- El reafilado debe realizarse mecánicamente.
- Guardarlos perfectamente libres de virutas, limpios, lubricados y envueltos en papel parafinados.
- Controlar periódicamente el diámetro de corte, principalmente en los fijos, para establecer su rango de acción.