



Unidad Temática N° 3: TORNEADO

Se denomina de esta manera a las operaciones de corte con arranque de viruta que transforma un sólido indefinido en una pieza de forma y dimensiones pre-establecidas. La máquina herramienta utilizada se denomina “torno”, y por la diversidad de trabajos que puede realizarse en la misma, es la más común en los talleres mecánicos. El avance tecnológico ha permitido la construcción de tornos de distintas capacidades de trabajo, hasta llegar a los actuales de control o mando numérico. Por tal motivo sus características constructivas y de trabajo, deben ser consultadas en los catálogos de los fabricantes.

Normalmente, y sin que ello, fuera excluyente, se los clasifica en:

- Tornos horizontales de eje o bancada horizontal
- Tornos verticales, de eje vertical
- Torno de plato, de eje horizontal para el mecanizado de piezas de poca longitud y gran diámetro
- Torno revolver o de múltiples herramientas
- Tornos copiadores, que permiten la reproducción de determinados perfiles
- Tornos semi-automático y automáticos para producción en serie

Cualquiera sea el tipo de torno, en los mismos debemos distinguir los siguientes elementos básicos:

- a. Órganos de sostén: 1) bancada: que constituye el soporté físico de los distintos elementos constitutivos del torno. 2) pata de sostén, que en los tornos modernos, prácticamente se han eliminado.
- b. Órganos que reciben y transmiten el movimiento principal: están contenidas en lo que se denomina “cabezal fijo” situado a la izquierda del operador.
- c. Órganos que permiten los movimientos de alineación o avance: 1) inversor de marcha 2) tren de ruedas de la lira 3) tornillo de roscar 4) barra de cilindrar 5) carro porta herramienta.
- d. Accesorios: 1) plato (de punta; de mordazas independientes; de mordazas auto entrantes) 2) brida de arranque 3) luneta de apoyó 4) cabezal móvil o contrapunta.

Normalmente, durante la operación de corte, la pieza gira sobre su eje y la herramienta de corte se desplaza. Esta ultima de un solo filo o mono cortante, cuya forma se construye de acuerdo al trabajo a realizar y puede ser de acero al carbono, de acero rápido y súper-rápido, de acero al carbono con plaquitas de materiales especiales (tungsteno, titanio, etc.)

Fuerza y potencia de corte:

Fuerza de corte: durante el mecanizado, la herramienta corta una determinada sección de viruta “q” (mm²), resultante del espesor de corte “e” adoptado de acuerdo al material en trabajo (mm) y al avance “a” (mm). Para ello se origina una cierta “fuerza de corte”, para vencer la resistencia que ofrece el material al mismo, dado por el producto de la sección de viruta cortada y la resistencia específica del material (valores tabulados, dados por la experiencia y que se toma entre 3-4 veces la resistencia a la tracción).

Su valor se obtiene de: $F(kg) = R(kg) = q(mm^2) \times K_s \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$
 $F(kg) = e(mm) \times a(mm) \times K_s \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$

Potencia de corte: es función de la fuerza de corte y de la velocidad de corte y en general se obtiene por la siguiente expresión:



$$N_t = \frac{F \times V}{75}$$

En cada caso se deberá determinar el valor de “F”. La potencia que deberá entregar el motor de accionamiento se obtiene por:

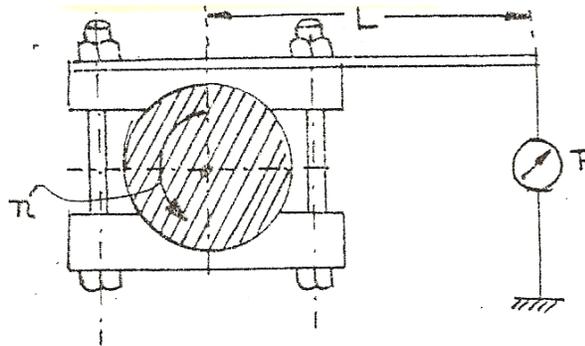
$$N_e = \frac{N_i}{n}$$

$n = \text{rendimiento}$

Existen diversas maneras de obtener la potencia de corte, que la podemos realizar en forma experimental o analítica.

- a. En forma experimental: utilizando un freno dinamométrico (freno de Prony), constituido por dos zapatas de madera que se fijan por tornillos a un eje colocado en el husillo de la máquina. Se hace girar el eje principal, midiendo el número de revoluciones alcanzado. Luego se ajustan los tornillos de la zapata en forma lenta hasta que comienza a disminuir el valor de giro del eje y se lee el valor que indica el dinamométrico. El valor obtenido multiplicado por la distancia “L” equivale a un momento resistente, cuyo valor es:

$$M = L \times F = 716.200 \frac{N_i}{n}$$



Tomando $L = 71.6 \text{ cm}$ se obtiene directamente la potencia indicada por:

$$N_i = \frac{F \times n}{1000}$$

- b. En forma analítica: puede efectuarse de diversas maneras, según los métodos y/o formulas propuestas por los distintos investigadores del tema. Mencionaremos los más comunes, sin que ello excluya recurrir a la bibliografía existente sobre el tema.

1. Según formula empírica de Taylor: para la determinación de la fuerza de corte $F = Cte \times e^{3/4} \times a^{14/15}$ el valor de la Cte. depende del material en trabajo.
2. Según valores de K_c : resultantes de ensayos experimentales (Fischer asociaciones de técnicos alemanes, etc.)

$$F = q \times K_c$$

3. Por dimensiones de la correa plana que vincula al accionamiento:

$$F = a(\text{mm}) \times e(\text{mm}) \times K_c \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

Dónde:

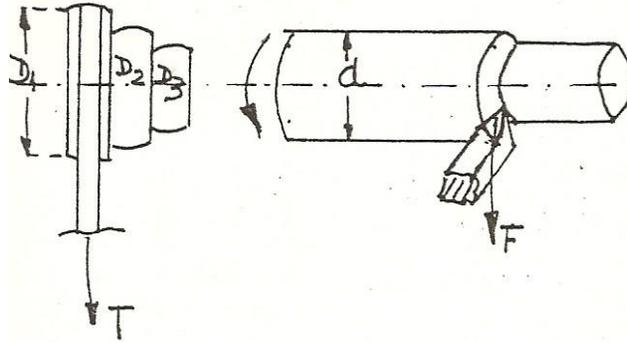
a: ancho de la correa (mm)

e: espesor de la correa (mm)

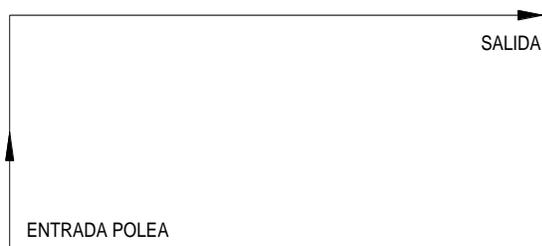


- K_c : Coeficiente de trabajo de la correa (kg/mm²)
4. Por momentos motores y resistencias: debe cumplirse que el momento motor transmitido por el motor y/o vínculo sea igual como mínimo al momento resistente que ofrece el material. En cada caso se deberá determinar su valor en función de los elementos intervinientes. Ejemplos:

Polea sin reductor:



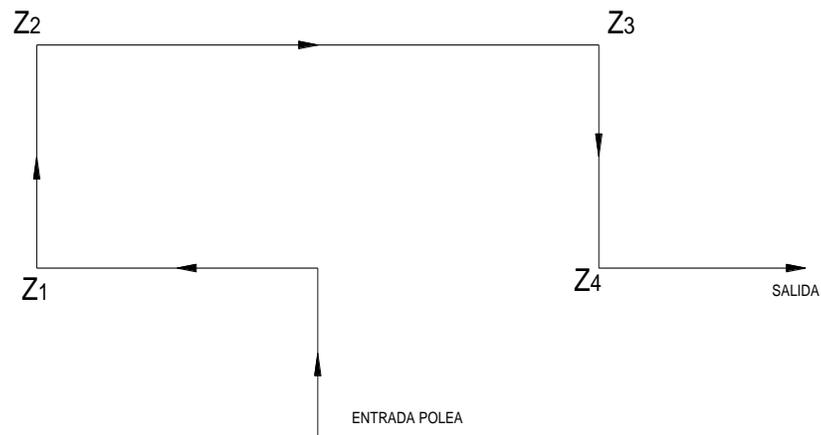
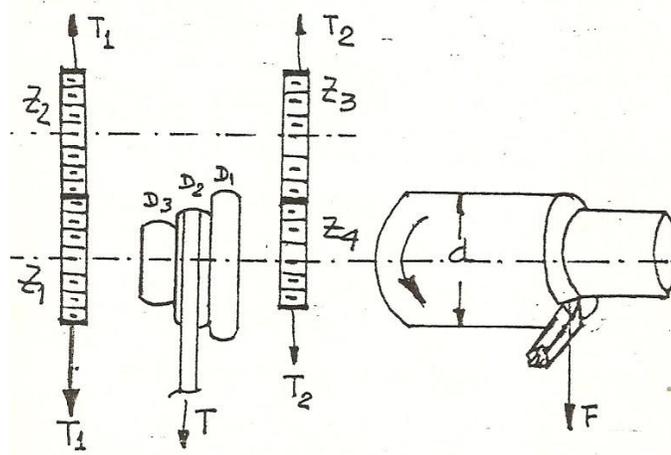
- T: tensión de la correa (kg)
D: diámetro de la polea (mm)
d: diámetro de la pieza (mm)
F: fuerza de corte (kg)
 K_s : Resistencia específica del material (kg/mm²)
a: avance (mm/vuelta)
e: espesor de corte (mm)
n: rendimiento de transmisión del movimiento



Deberá cumplirse:

$$\frac{T \times D}{2} \times n = q \times K_s \times \frac{d}{2} = (e \times a) \times K_s \times \frac{d}{2} = 716.200 \frac{N}{n}$$

Polea con reductor:



$$M_m = M_r; T \times \frac{D}{2} = q \times K_s \times \frac{d}{2}$$

Analizando el grafico podemos establecer las siguientes relaciones:

$$T \frac{D}{2} = T_1 \frac{Z_1}{2} ; T_1 \frac{Z_2}{2} = T_2 \frac{Z_3}{2} ; T_2 \frac{Z_4}{2} = F \frac{d}{2}$$

Despejando y operando tendremos:

$$T \frac{D}{2} = T_1 \frac{Z_1}{2} = \left(T_2 \frac{Z_3}{Z_2} \right) \times \frac{Z_1}{2} = F \frac{d}{2} \times \frac{Z_3 \times Z_1}{Z_4 \times Z_2} = F \frac{d}{2}$$

Y considerando un cierto rendimiento (n) tendremos finalmente:

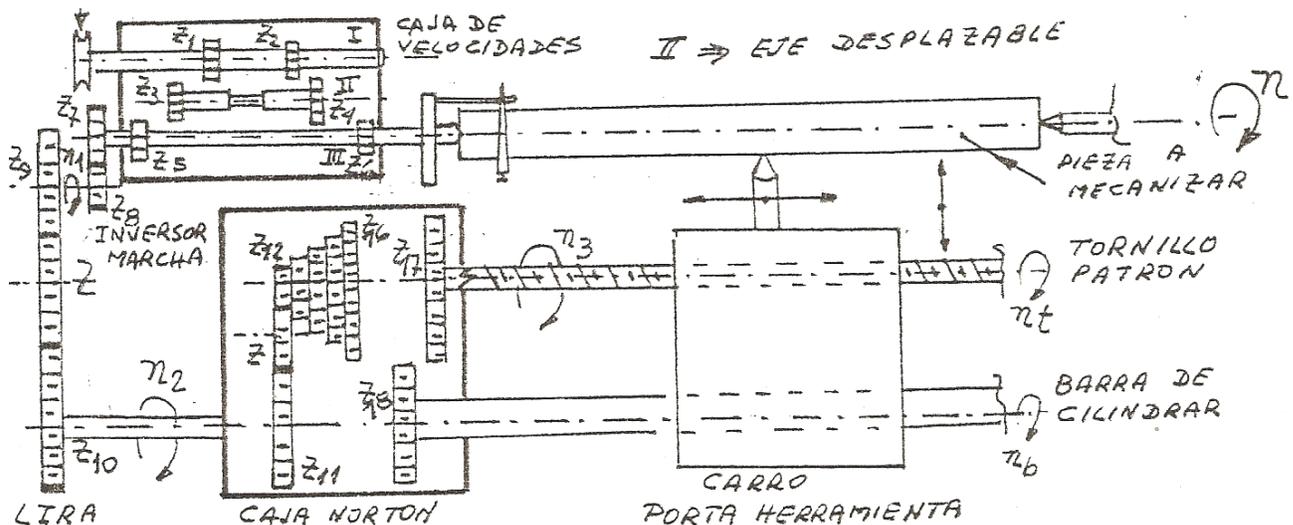
$$T \frac{D \times n}{2 \times l} = e \times a \times K_s \frac{d}{2} = 416.200 \frac{N}{n}$$

Cadena cinética tipo: el motor de accionamiento de una máquina herramienta, transmite el movimiento al eje principal o husillo, a través de un sistema o mecanismo, que permite obtener distintos valores de velocidad de rotación, y además a los órganos que permiten obtener los



movimientos de alineación o avances. Si bien la disposición de los mismos es característica de la casa fabricante, en general, existen los siguientes: a) inversor de marcha b) tren de ruedas de la lira c) caja Norton d) barra de cilindrar e) tornillo patrón f) carro portaherramientas.

- Inversor de marcha:** como su nombre lo indica invierte el sentido de giro del movimiento que transmite el eje principal.
- Tren de ruedas de la lira:** es un conjunto de engranajes que pueden montarse en uno o más planos, en un soporte especial, que se lo denomina "lira" por su forma. Su misión es transmitir el movimiento del eje principal a la barra de cilindrar o tornillo patrón, en función de una determinada relación de transmisión que se determina por cálculos. En los tornos modernos el tren de engranajes de la lira un valor de "i" constante, y están en una carcasa en baño de aceite. Las velocidades del valor de "i" en el conjunto se realiza a través de la caja Norton. Cuando no existe esta última, necesariamente se debe calcular el número de dientes y engranajes a colocar en la lira para obtener el valor de "i" deseado. Para ello el torno tiene un juego de engranajes, denominado de recambio.
- Caja Norton:** es una verdadera caja de velocidades, constituida por engranajes de distintos números de dientes, cuya combinación a través de palancas externas, permite obtener distintos valores de "i".
- Barra de cilindrar y de roscar:** como la operación de roscado en el torno es de cierta precisión, se utiliza, la barra de roscar únicamente para esta operación y la de cilindrar para las otras operaciones de mecanizado que puede realizarse en el torno. Ambas provocan el desplazamiento del carro porta herramienta.



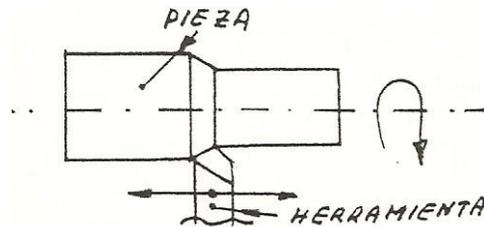
En el esquema las distintas velocidades en el eje principal se obtiene por combinación de los engranajes dispuestos sobre los ejes I y III y por desplazamiento del eje II. Este movimiento se transmite también al inversor de marcha y sucesivamente al tren de ruedas de la lira, caja Norton y barra de cilindrar o tornillo patrón desacuerdo al mecanizado a ejecutar. Los movimientos de avance y alimentación se logra a través de mecanismos dispuestos en el carro porta herramienta que posee una torre donde se afila la herramienta de corte y que a su vez puede girar sobre un círculo graduado. Lógicamente, en cada caso es necesario estudiar y conocer perfectamente los distintos mecanismos que posee el tipo de torno a utilizar, que varía según su capacidad de trabajo.

Operaciones de torneado: como mencionamos anteriormente el torno, es una de las máquinas más comunes en los talleres mecánicos, por la diversidad de trabajos que se pueden realizar, ya

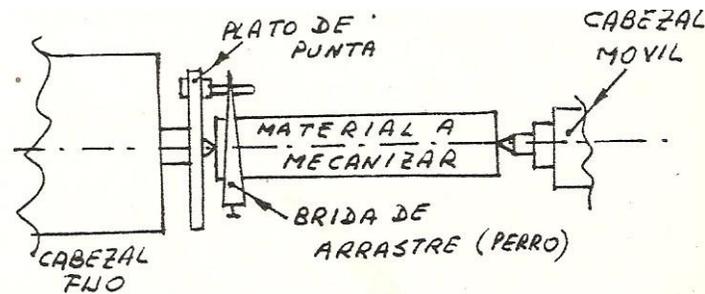


que algunos inclusive poseen los accesorios necesarios para efectuar determinados tipos de rectificadas. Las operaciones más comunes son las siguientes:

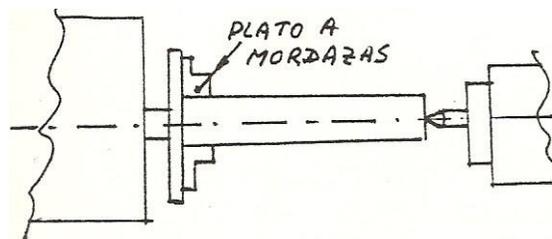
- a. Torneado cilíndrico exterior: denominado también cilindrado o fileteado. Se ejecuta girando la pieza sobre su eje geométrico y desplazando longitudinalmente la herramienta de corte, convenientemente preparada. El material a mecanizar se puede colocar; 1) entre puntas 2) entre plato y punta 3) sobre plato.



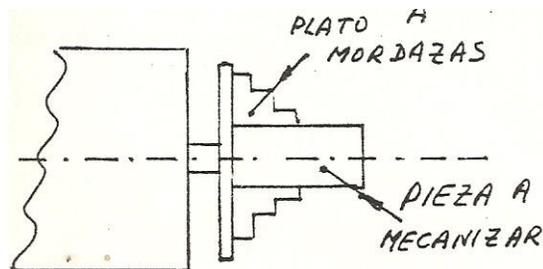
1. Entre puntas:



2. Entre plato y punta:



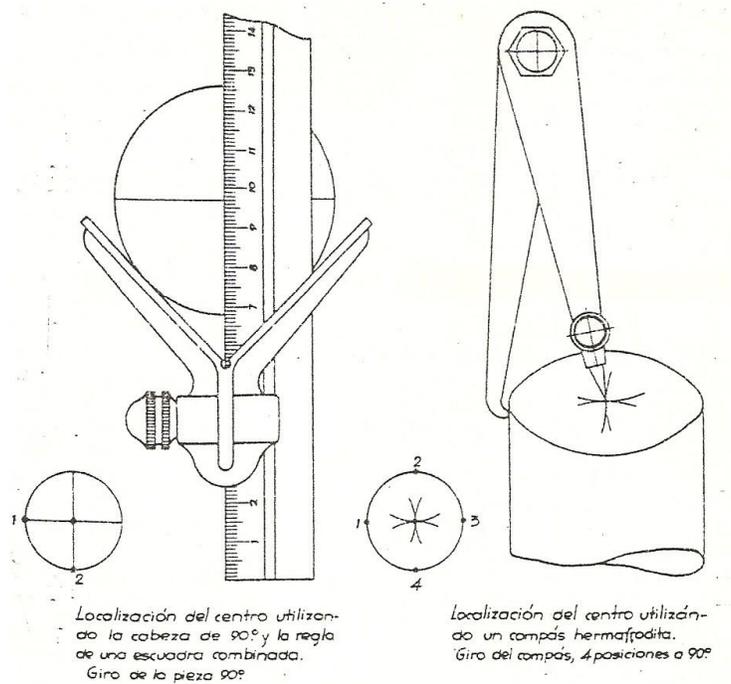
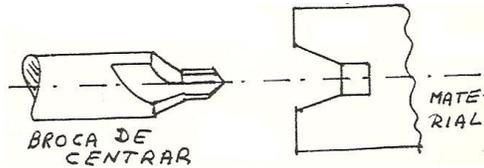
3. Sobre plato:



Para el torneado entre puntas y entre plato y punta, se debe practicar en la pieza el agujero de centrado, que debe ser ejecutado correctamente, ya que si no está bien construido, la pieza una vez construida puede presentar defectos de cilindrado. La localización del centro debe ser realizada con una escuadra universal, utilizando los compas de 90° y la regla, o en su defecto unos compas de punta y curva (compas hermafroditas). En el primer caso se traza una marca horizontal en una determinada posición y luego se gira la pieza 90° y se vuelve a trazar otra horizontal. El punto de intersección de las rectas, indicada en el centro donde se debe practicar el agujero, utilizando una broca (mecha) de centrar. En el segundo

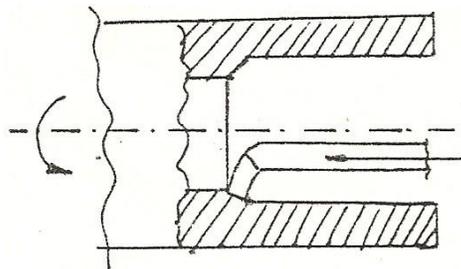


caso, se apoya el brazo curvo de los compas, en cuatro posiciones, separadas 90° cada una, y marcando con el brazo de punta, semicírculos, que al cortarse entre si, indica el punto de centrado.

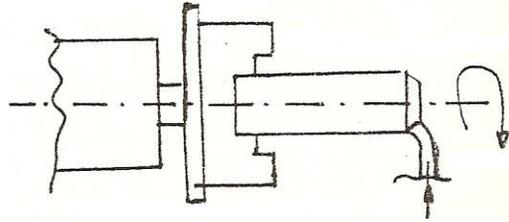


Se han construido tablas indicadoras de dimensiones de los centros en función del diámetro del material a mecanizar.

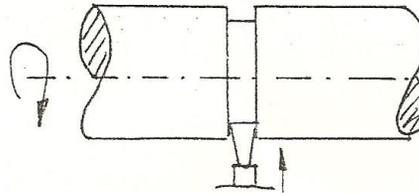
- b. Torneado cilíndrico interior: debe existir previamente un agujero, por lo cual esta operación se denomina técnicamente alesado. La pieza, colocada sobre plato y la herramienta se desplaza axialmente.



- c. Frentado: denominado también torneado plano; la herramienta de corte se desplaza radialmente sobre la pieza montada sobre el plato.

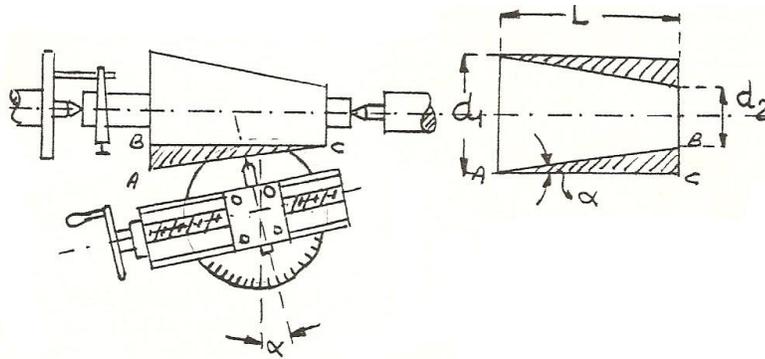


- d. Tronzado: o corte transversal, que se logra por desplazamiento radial de la herramienta de corte. Esta operación se utiliza cuando se desea separar o cortar una pieza.



- e. Torneado cónico: se realiza por despeamiento longitudinal de la herramienta de corte, según un cierto ángulo, cuyo valor está en función de la cantidad que se desea obtener. Dicha trayectoria se puede obtener de diversas maneras, de las cuales las más comunes son: a) por inclinación del carro porta herramienta b) por desplazamiento transversal de la contrapunta móvil.

1. Por inclinación del carro porta herramienta: la torre donde se fija la herramienta de corte puede girar sobre una base circular graduada, que permite colocarla en una cierta posición angular y a la vez desplazarse transversalmente a la bancada del torno.



$$\operatorname{tg} \angle = \frac{BC}{AC} = \frac{d_1 - d_2}{2L}$$

$$\operatorname{tg} \angle = \frac{d_1 - d_2}{2L}$$

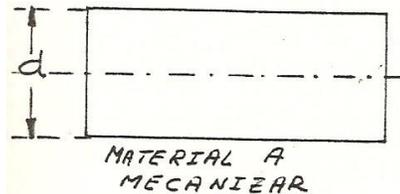
Si la característica del cono fuera dada en conicidad o inclinación en por ciento, tendremos:

$$\operatorname{tg} \angle = \frac{\text{conicidad } \%}{200} = \frac{\text{inclinación } \%}{100}$$

2. Por desplazamiento transversal de la contra punta móvil: se utiliza este procedimiento para piezas cortas y de poca conicidad. En este caso se desplaza la contra punta móvil

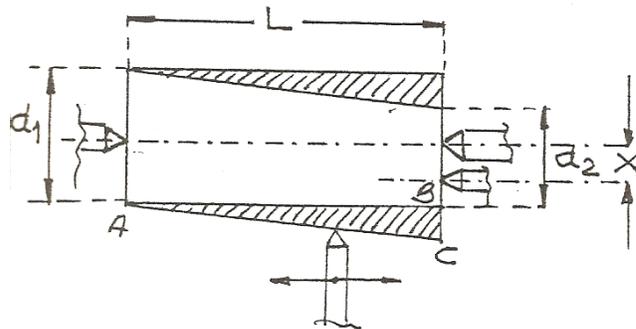


con respecto a la punta del plato o eje geométrico de la pieza. El torneado puede hacerse en toda la longitud de la pieza o en cierta porción de la misma.

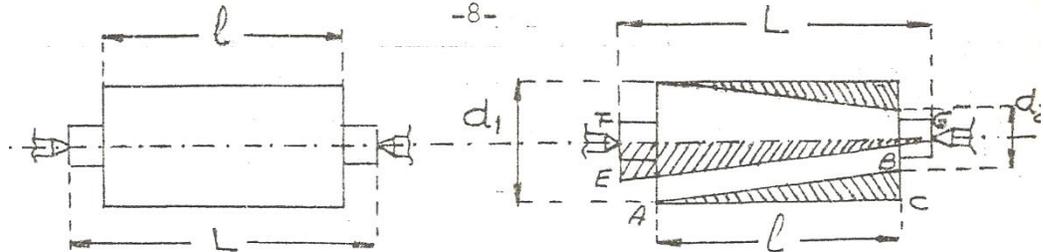


$$X = BC = \frac{d_1 - d_2}{2}$$

X: desplazamiento de la contra punta.



ABC (superficie rayada) es el material a retirar (cortar)



ABC (superficie rayada) indica el material a retirar (cortar). Por relaciones trigonométricas obtenidas:

$$\frac{BC}{EF} = \frac{AC}{FG}; BC = \frac{d_1 - d_2}{2}; EF = X; AC = l; FG = L$$

$$\frac{\frac{d_1 - d_2}{2}}{X} = \frac{l}{L} \Rightarrow X = \frac{L(d_1 - d_2)}{2l}$$

- f. **Roscado:** como sabemos, el perfil de una rosca sigue una trayectoria helicoidal que se logra por la combinación de dos movimientos; 1) de rotación, que en el caso del torneado lo ejecuta la pieza y 2) de desplazamiento, que lo realiza la herramienta de corte. Como el material a mecanizar está colocado sobre el eje principal o husillo, y la herramienta en la torre del carro porta herramienta, que se desplaza por la acción del tornillo patrón, se debe cambiar ambos movimientos a través del tren de engranajes colocado en la lira. Como ya mencionábamos anteriormente, según la "antigüedad" del torno, este tren se debe calcular para cada tipo de roscado (métrica, whitworth, etc.), o bien la relación de transmisión es fija y las variaciones se logra a través de la caja Norton. Uno de los parámetros característico de las roscas es el "paso", definido por la distancia, en dirección del eje geométrico que se desplaza un punto, cuando la pieza gira una vuelta. Es decir el punto describe una hélice

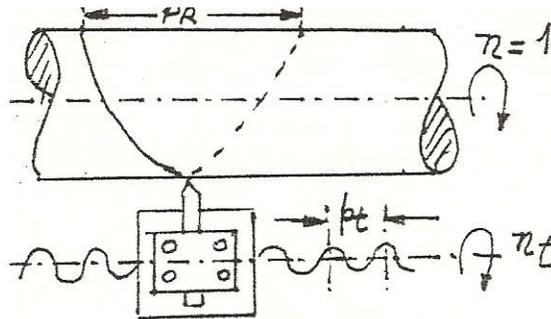


que es la que se debe rasurar (cortar), al desplazarse la herramienta una distancia longitudinal, igual al paso que se desea obtener, es decir deberá cumplirse:

$$P_r = d_l$$

Dónde: P_r : paso de la rosca a construir.

d_l : Desplazamiento longitudinal de la herramienta.



Tomando como base la cadena cinemática del tipo indicada anteriormente, podemos establecer las siguientes relaciones:

$$P_r = d_l = P_t \times n_t$$

$$n_{III} \times Z_7 = n_1 \times Z_8$$

$$n_1 \times z_9 = n_2 \times z_{10}$$

$$n_2 \times z_{11} = n_3 \times z_{12}$$

$$\text{de } n_2 \times z_{11} = n_3 \times z_{12} \text{ es } n_3 = n_2 \times \left(\frac{z_{11}}{z_{12}}\right) = n_2 \times (i_N) = n_t$$

$$\text{de } n_1 \times z_9 = n_2 \times z_{10} \text{ es } n_2 = n_1 \times \left(\frac{z_9}{z_{10}}\right) = n_1 \times (i_N)$$

$$\text{de } n_{III} \times Z_7 = n_1 \times Z_8 \text{ es } n_1 = n_{III} \times \left(\frac{Z_7}{Z_8}\right) = n \times (i_{IM})$$

$$\text{resulta } n_t = n \times i_{IM} \times i_N \times i_L$$

$$\text{luego, reemplazando en } P_r = d_l = P_t \times n_t \Rightarrow P_r = P_t \times n \times i_{IM} \times i_L \times i_N$$

El paso se logra cuando $n=1$, además normalmente i_{IM} (relación de transmisión de marcha del inversor) se toma igual a 1 (sujeto a verificación). Por lo tanto podemos establecer que:

$$i_t = \frac{P_r}{P_t} = i_L \times i_N$$

Dónde: P_r : paso de la rosca

P_t : Paso del tornillo patrón

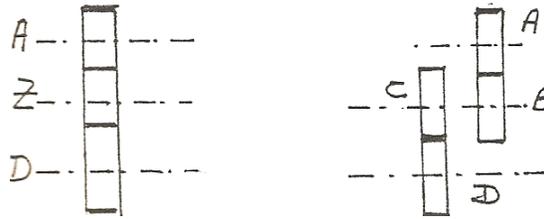
i_L : Relación de transmisión de los engranajes de la lira

i_N : Relación de transmisión de los engranajes de la caja Norton

Como ya mencionamos anteriormente en los tornos modernos la relación de transmisión de los engranajes colocados en la lira es constante, obteniéndose distintos valores de relación y por lo tanto de longitud de paso, con los engranajes de la caja Norton. No ocurre lo mismo en los tornos de cierta longitud o de tornos con caja Norton de poca calidad, donde se debe calcular la relación de transmisión de los engranajes pueden montarse en un mismo



plano (tren simple) o en planos paralelos. A los efectos del cálculo, normalmente, sin que ello sea excluyente, se designa por:



P_r : Paso a construir (en mm, o pulgada)

P_t : Paso del tornillo patrón (en mm o pulgada)

A: Rueda conductora colocada en el eje motriz

B: Rueda conducida intermedia

C: Rueda conductora

D: Segunda rueda conducida

Z: Rueda intermedia de vínculo que no interviene en el valor de la relación de transmisión

Cuando se debe calcular el número de dientes de los engranajes a colocar en la lira, podemos utilizar las siguientes Reglas Prácticas:

1. Se establece la relación fundamental del roscado, reemplazando P_r y P_t por su valor (normalmente valores datos).
2. Si los valores de P_r y P_t no son números enteros se los transforma, multiplicando numerador y denominador por la unidad seguida de ceros necesarios para eliminar el valor decimal.
3. En cualquiera de los dos casos (relación en números enteros) y si los valores obtenidos no coinciden con el número de dientes de los engranajes disponibles en el juego de recambio, se procede de la siguiente manera: a) se multiplica numerador y denominador de la fracción obtenida, por un mismo número, de tal manera que el producto obtenido sea igual a un número de dientes de los engranajes del juego de recambio b) se simplifica la fracción y luego se procede como el caso anterior c) se transforma el numerador y denominador en el producto de dos números; se simplifica si ello es posible y luego se procede como en los casos anteriores.
4. Si el paso a roscar o el paso del tornillo patrón o ambos están en pulgadas se transforma su valor a mm, multiplicando la función por 25.4 mm/pulgada. Dicha transformación lleva necesariamente a obtener un valor 127. Normalmente el juego de engranajes de recambio posee un engranaje con dicho número de dientes. Si ello ocurre, debe utilizarse otro factor de conversión de pulgada a milímetros. Para ello se procede de la siguiente manera; multiplicando el valor de los engranajes existentes en el juego de recambio. El producto obtenido se divide por el número multiplicador adoptado, y la relación que se obtiene constituye el factor de conversión.

$$25.4 \times A = B \Rightarrow F_c = \frac{A}{B}; \text{ siendo } A \text{ el número de dientes del engranaje adoptado}$$

El valor B/A se multiplica por la fracción en pulgadas. Luego se procede como en los casos mencionados anteriormente. Se debe verificar el error cometido. El valor que de menor error es 63 seguido de 13.

5. Si el paso a roscar es de módulo se busca una relación de número cuyo cociente de un valor lo más aproximado posible al valor de π , ya que como sabemos $p = \pi \times M$. Normalmente se utiliza la relación 22/7 que se multiplica por la relación en



pulgadas, dato del problema. Como en el caso anterior se debe establecer el error cometido.

6. Si el roscado debe efectuarse según Diametral Pitch, debemos tener en cuenta lo siguiente:
 - a. Que se define como Diametral Pitch a la relación entre el número de dientes de la rueda dentada y el diámetro primitivo de la misma, expresada en pulgada:

$$d \times p = \frac{\text{número de dientes de la rueda}}{\text{diámetro primitivo en pulgada}} = \frac{Z}{D_p}$$

Esta relación indica el número de dientes de la rueda comprendidos en una pulgada de diámetro primitivo. El paso medio sobre el diámetro primitivo se denomina Circular Pitch y su valor se obtiene por:

$$c \times p = p \times \pi = \pi \times \frac{1}{d_p}$$

La relación de engranajes se obtiene por:

$$i = \frac{c \times p}{P_t}$$