



Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Técnico Superior Universitario en Mecánica Área Industrial

MANUFACTURA II

Manual de Asignatura

CUERPO COLEGIADO DE DIRECTORES Y PROFESORES

JUNIO 2017

INDICE

INTRODUCCION

I. PROCESOS DE CONFORMADO

ANALISIS DE FUERZAS DE CORTE

PARAMETROS DE CORTE

PROCESOS DE REDUCCION DE MASA

PROCESOS DE CONSERVACION DE MASA

II. PROGRAMACION DE CONTROL NUMERICO

SISTEMA DE COORDENADAS

CODIGOS PREPARATORIOS DE PROGRAMACION

CODIGOS AUXILIARES O MISCELANEOS

ESTRUCTURA BASICA DE UN PROGRAMA EN CNC

CICLOS ENLATADOS DE TRABAJO

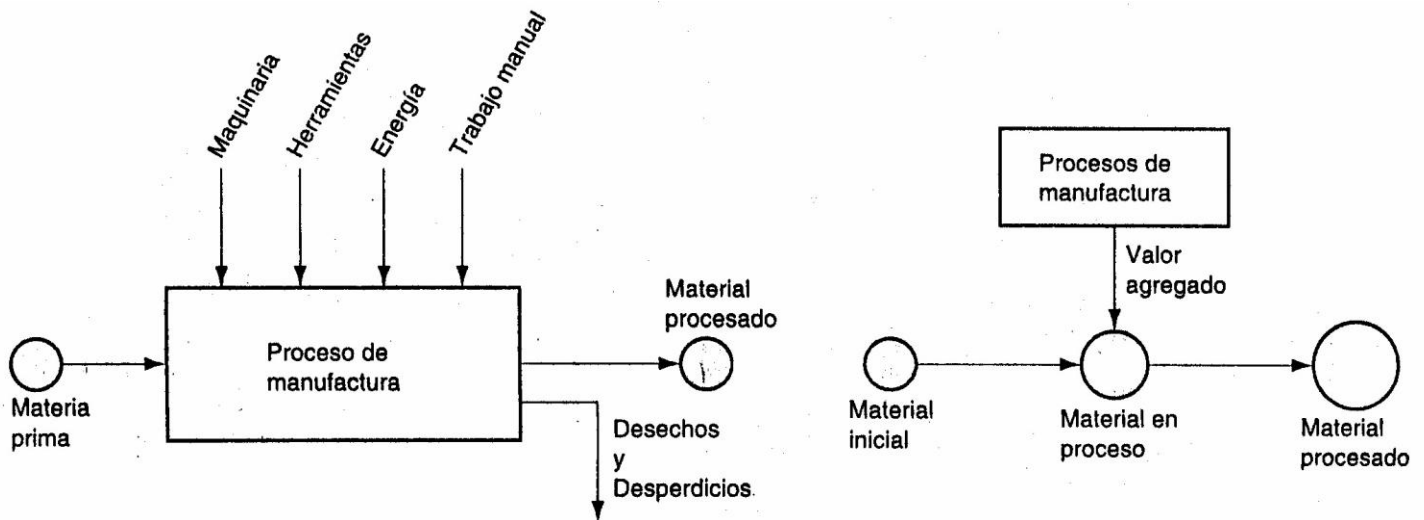
BIBLIOGRAFIA

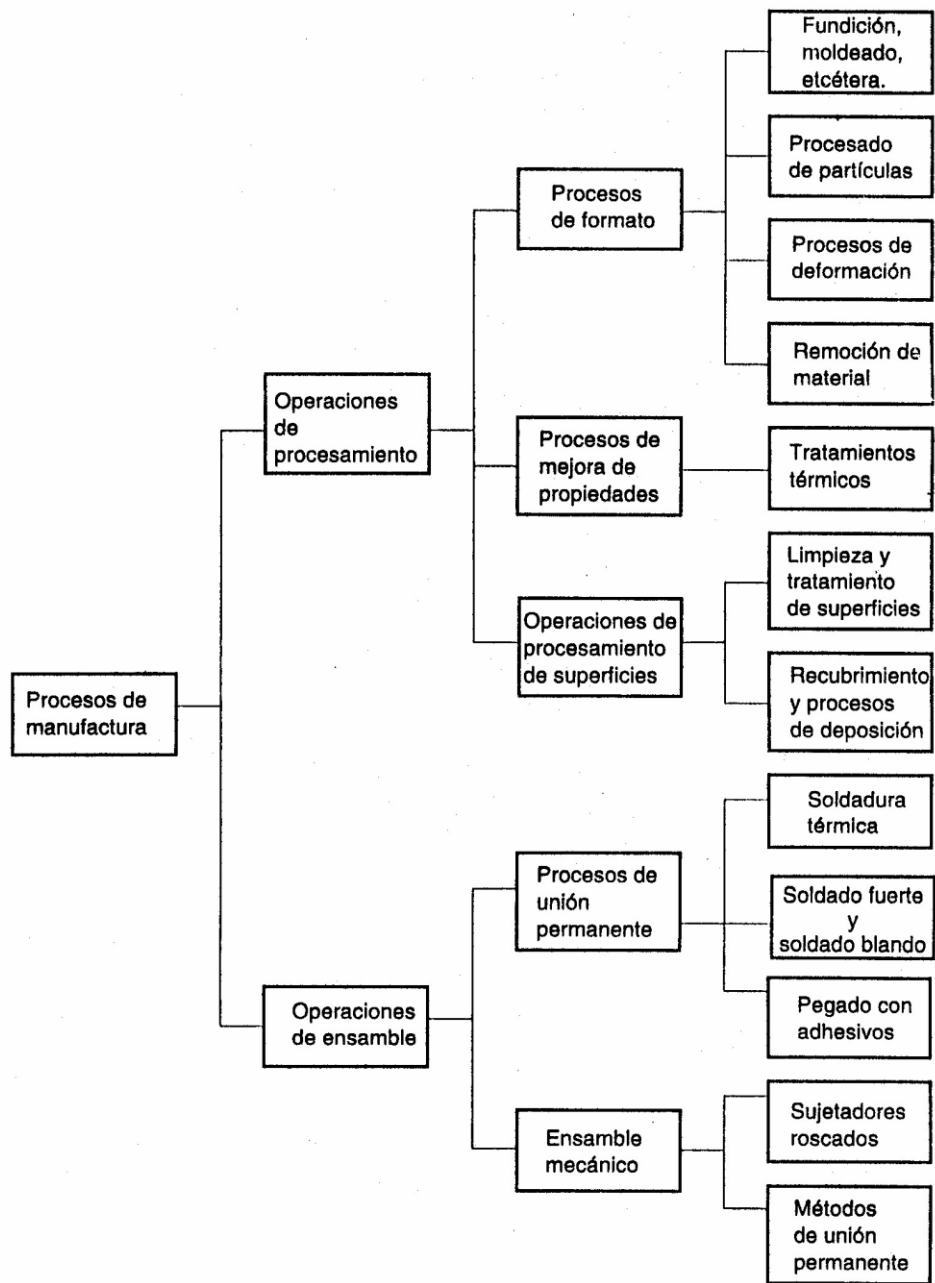
MANUFACTURA 2

INTRODUCCIÓN

A medida que los hombres se agrupaban para aprovechar los productos, servicios y materiales, las sociedades dedicadas a la fabricación comenzaron a expandirse y se establecieron las estructuras de aldeas, pueblos y ciudades. La creciente concentración de personas creó la necesidad de métodos de fabricación muy perfeccionados para abastecer las demandas. El punto de partida de los procesos de manufactura modernos puede acreditarse a Eli Whitney con su máquina despepitadora de algodón, sus principios de fabricación intercambiable o su máquina fresadores, sucesos todos ellos acaecidos por los años de 1880. El origen de la experimentación y el análisis en los procesos de manufacturas se acreditan en gran medida a Fred W. Taylor, quien un siglo después Whitney, publicó los resultados de sus trabajos en el labrado de los metales. Los adelantos en maquinaria de potencia han contribuido a la sustitución progresiva de la fuente de energía humana por las fuentes energéticas independientes. El descubrimiento de varios materiales, así como las novedades técnicas para transformarlos en productos sutiles han hecho avanzar al hombre con pasos gigantescos en materia de procesos de manufactura.

I. PROCESOS DE CONFORMADO





Maquinas usadas para los procesos

- Prensas
- Cortadoras
- Dobladoras

Procesos de formado

Modelado (formado) de metal y trabajo de metales.

En general, se aplica el esfuerzo de compresión para deformar plásticamente el metal. Sin embargo, algunos procesos de formado estiran el metal, mientras que otros lo doblan y otros más lo cortan.

- El formado de metales incluye varios procesos de manufactura en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas.

- La deformación resulta del uso de una herramienta que usualmente es un dado para formar metales, el cual aplica esfuerzos que exceden la resistencia a la fluencia del metal. Por tanto, el metal se deforma para tornar la forma que determina la geometría del dado.

Para formar exitosamente un metal éste debe poseer ciertas propiedades. Las propiedades convenientes para el formado son:

- Baja resistencia a la fluencia
- Alta ductilidad.

Estas propiedades son afectadas por la temperatura. La ductilidad se incrementa y la resistencia a la fluencia se reduce cuando se aumenta la temperatura de trabajo.

El efecto de la temperatura da lugar a la siguiente clasificación:

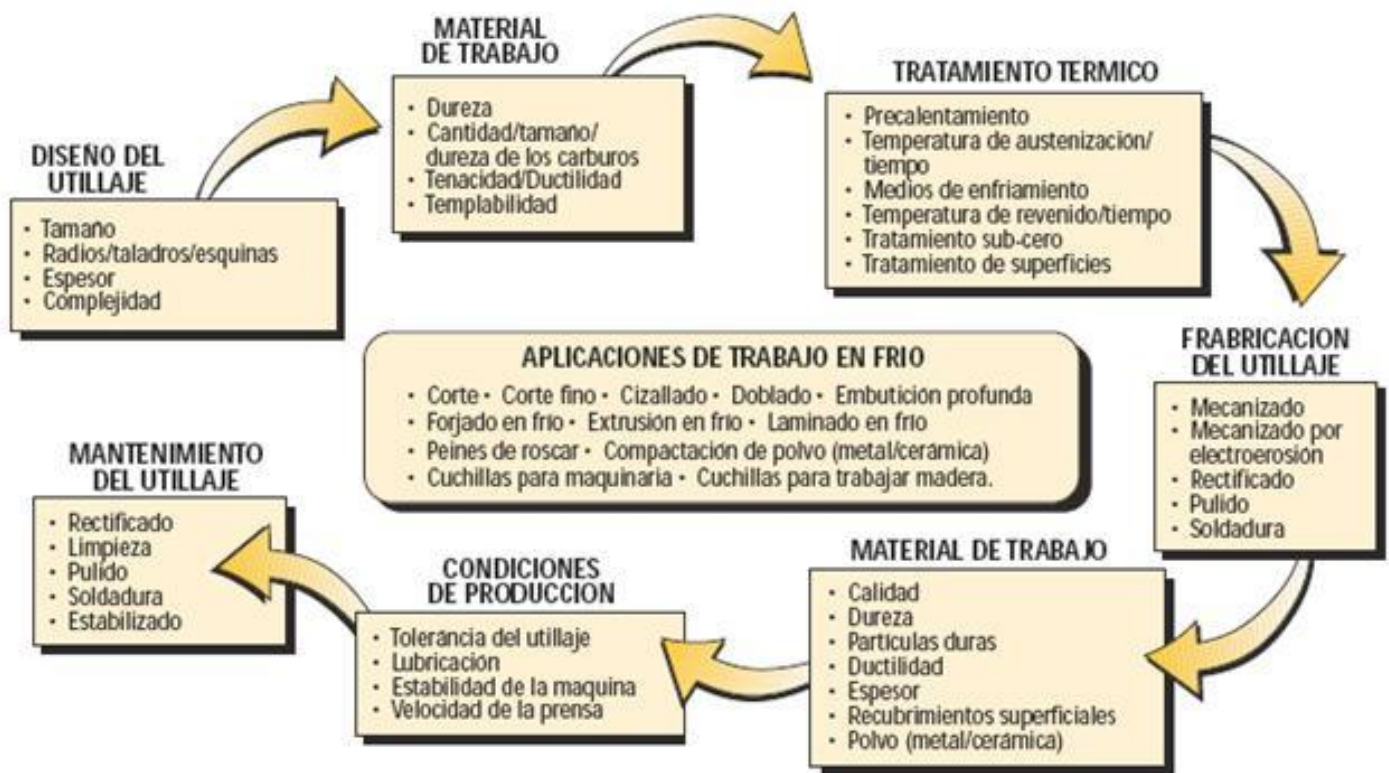
- Trabajo en frío,
- Trabajo en tibio trabajo en caliente por debajo de la temperatura de recristalización
- Trabajo en caliente arriba de la temperatura de recristalización.
- Recristalización: formación de granos libres de deformación.

Tipos de temperaturas en el proceso de conformado

Trabajo en frío:

Hace referencia a todos aquellos procesos de conformado realizado a baja temperatura generalmente ambiente, como son embutido, doblado, rolado, estirado, etc. Además posee un acabado brillante y bastante exacto. Tiene la particularidad de mejorar la resistencia, la maquinabilidad.

El endurecimiento por deformación plástica en frío es el fenómeno por medio del cual un metal dúctil se vuelve más duro y resistente a medida es deformado plástica mente. Se puede apreciar mejor por medio del siguiente cuadro que muestra el proceso que pasa el metal



Trabajo en caliente:

Una de las propiedades más importantes de los metales es su maleabilidad, este término, indica la propiedad de un metal para ser deformado mecánicamente por encima de su límite elástico, sin deformarse y sin incremento considerable en la resistencia a la deformación. Dado que el metal se encuentra a alta temperatura, los cristales reformados comienzan a crecer nuevamente, pero estos no son tan grandes e irregulares como antes. Al avanzar el trabajo en caliente y enfriarse el metal, cada deformación genera cristales más pequeños, uniformes y hasta cierto grado aplanados, lo cual da al metal una condición a la que se llama anisotropía u orientación de grano o fibra, es decir, el metal es más dúctil y deformable en la dirección de un eje que en la del otro.

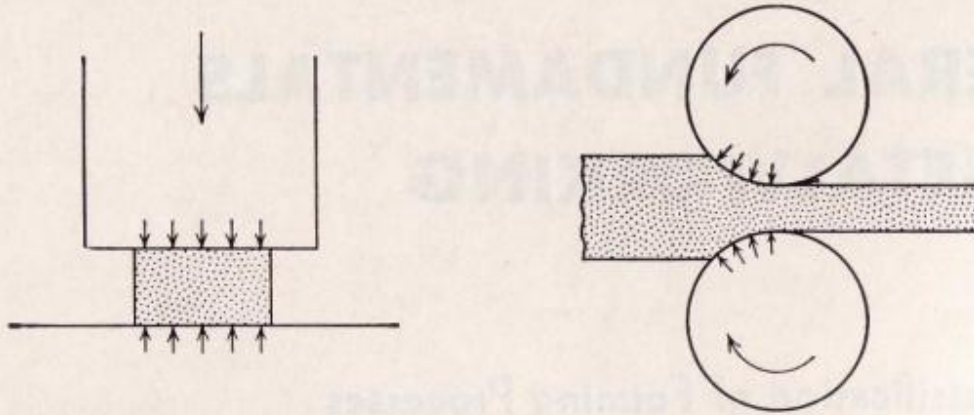
La ventaja principal del trabajo en caliente consiste en la obtención de una deformación plástica casi ilimitada, que además es adecuada para moldear partes grandes porque el metal tiene una baja resistencia de sedencia y una alta ductilidad.

Aquí se pueden trabajar diferentes conformados como es; el laminado, forjado, extrusión, embutido entre otros.

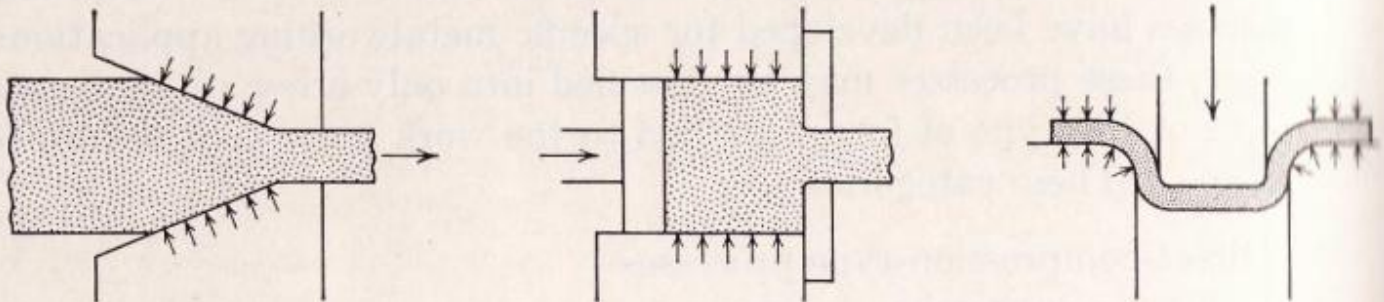


Tipos de conformado:

- CIZALLADO
- TROQUELADO
- EMBUTIDO
- EXTRUSIÓN
- DOBLADO
- FORJADO
- LAMINADO

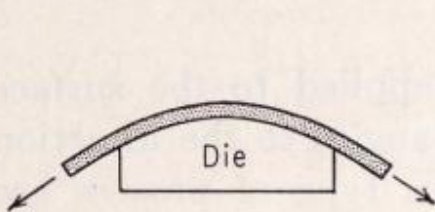


Forjado laminado

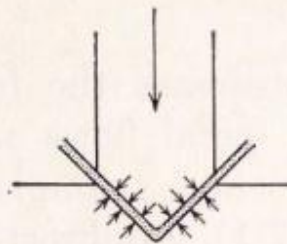


**Trefilado
Troquelado**

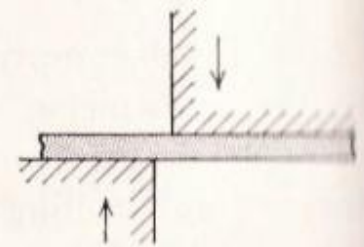
Extrusión



**Estiramiento
cizallamiento**



Doblado



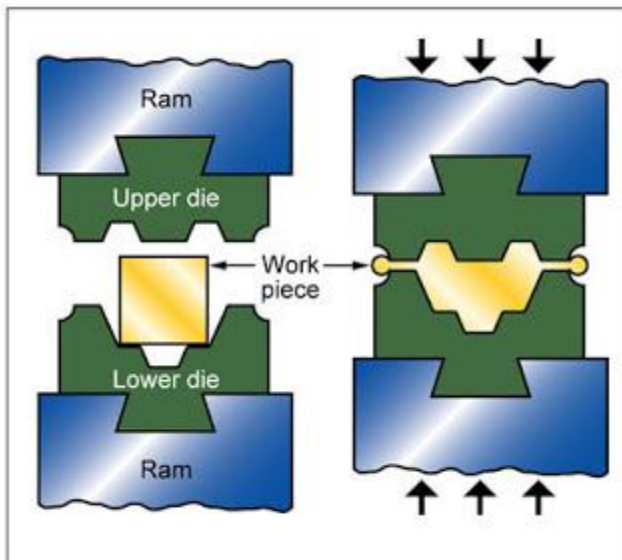
Cizallado:



El cizallado es la separación sin arranque de viruta de láminas y perfiles. Los cortes se pueden elaborar en forma lineal o curva en cualquier longitud. También llamado guillotinado en ciertas actividades se hacen en frío en la mayoría de los materiales. En general es para cortes rectos a lo ancho o a lo largo del material, perpendicular o en ángulo.

La acción básica del corte incluye bajar la cuchilla hasta la mesa de la máquina, para producir la fractura o rotura controladas durante el corte. La mayoría de las cuchillas tienen un pequeño ángulo de salida. Para ciertas operaciones específicas como punzo nado o perforado, no hay esos ángulos de alivio.

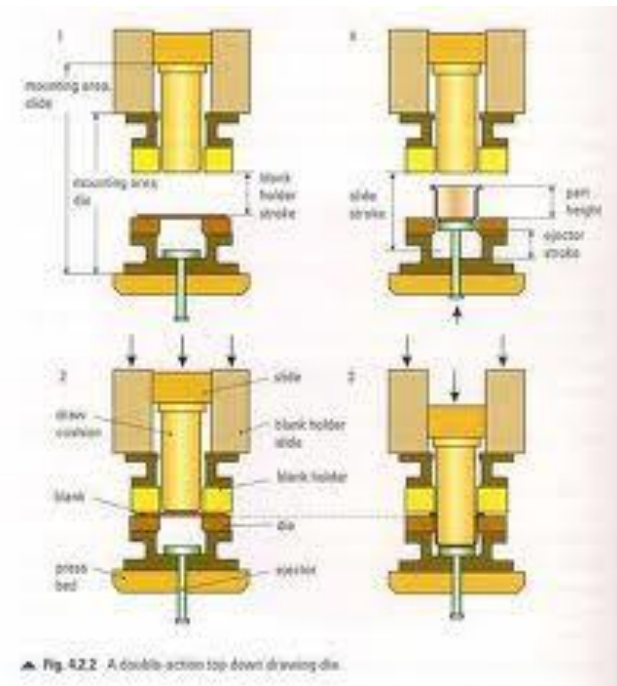
Troquelado:



En términos sencillos, el troquelado es un método para trabajar láminas metálicas en frío, en forma y tamaño predeterminados, por medio de un troquel y una prensa. El troquel determina el tamaño y forma de la pieza terminada y la prensa suministra la fuerza necesaria para efectuar el cambio.

Cada troquel está especialmente construido para la operación que va a efectuar adecuado para otras operaciones. El troquel tiene dos mitades, entre las cuales se coloca metálica. Cuando las dos mitades del troquel se juntan se lleva a cabo la operación. Normalmente, mitad superior del troquel es el punzón (la parte más pequeña) y la mitad inferior es la más grande). Cuando las dos mitades del troquel se juntan, el punzón entra en la matriz.

Embutido:



El embutido es una extensión del prensado en la que a un tejo de metal, se le da una tercera dimensión considerable después de fluir a través de un dado. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz, así como al intentar un blanco y dar al producto una medida rígida. Latas para alimentos y botes para bebidas, son los ejemplos más comunes, este proceso puede llevarse a cabo únicamente en frío. Cualquier intento de estirado en caliente, produce en el metal un cuello y la ruptura.

Extrusión:



La extrusión es un procedimiento para conformar metales y aleaciones, haciendo que salgan esos metales a través de una matriz mediante una presión aplicada al metal.

Se realiza a altas velocidades. El punzón golpea a la parte de trabajo más que aplicar presión.

Grandes reducciones y altas velocidades de producción, de aquí su alta importancia comercial.

De aquí se fabrican tuberías, perfiles, envases. Pudiéndose decir de él que le da a las piezas un acabado excelente.

Doblado:



La operación de doblado consiste, en realizar una transformación plástica de una lámina o plancha metálica de material y convertirla en una pieza con forma o geometría distinta a la anterior.

Además es una operación en la cual generalmente se forman partes grandes de lámina metálica en secciones curvas por medio de rodillos. Siempre se hace en frío.

En cualquiera de las operaciones de doblado, siempre deberá tenerse en cuenta los factores que puedan influir sobre la forma de la pieza a obtener, como por ejemplo: elasticidad del material, radios interiores y ángulos de doblado.

Este mecanismo crea a grandes tanques de almacenamiento y recipientes a presión, perfiles estructurales, rieles de ferrocarril y tubos.

Forjado:

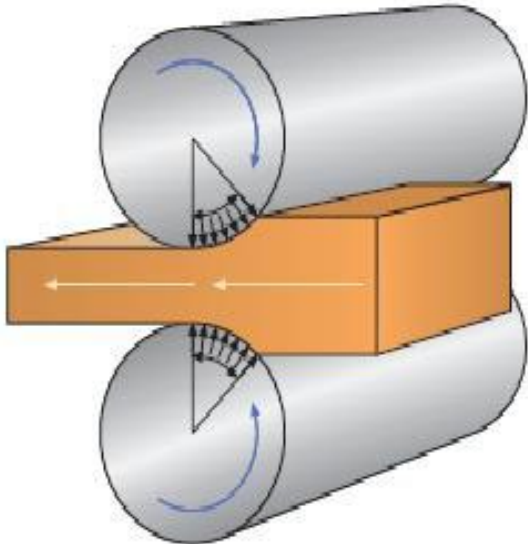


La forja, es un proceso de conformado por deformación plástica que puede realizarse en caliente o en frío y en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión.

Este proceso de fabricación se utiliza para dar una forma y unas propiedades determinadas a los metales y aleaciones a los que se aplica mediante grandes presiones. La deformación se puede realizar de dos formas diferentes: por presión, de forma continua utilizando prensas, o por impacto, de modo intermitente utilizando martillos pilones.

Hay que destacar que es un proceso de conformado de metales en el que no se produce arranque de viruta, con lo que se produce un importante ahorro de material respecto a otros procesos.

Laminado:



Consiste en modificar la sección de una barra de metal al pasar entre dos cilindros, obteniéndose un espesor menor.

Es el método más barato y más eficiente para reducir el área transversal de una pieza de material, de tal manera que el espesor final sea uniforme a lo largo de todo el producto. Las palanquillas o tochos se calientan con el fin de proporcionar ductilidad y maleabilidad para el proceso de la laminación en caliente. Después se pasa entre una serie de rodillos metálicos colocados en pares que lo aplastan hasta darle la forma y tamaño deseados. La distancia entre los rodillos va disminuyendo a medida que se reduce el espesor.

ANALISIS DE FUERZAS DE CORTE

Los metales son los materiales más utilizados en la industria, siendo el acero el metal más consumido al punto que ha sido tomado como indicador de desarrollo industrial, éste representa una gran parte del total de la producción de metales. Normalmente los metales utilizados en manufactura son aleaciones, es decir, compuestos de dos o más elementos, los cuales mejoran las propiedades de los materiales.

Maquinabilidad

Maquinado es un proceso de manufactura en el que una herramienta de corte se utiliza para remover el exceso de material de una pieza de forma que el material que quede tenga la forma deseada.

La acción principal de corte consiste en aplicar deformación en corte para formar la viruta y exponer la nueva superficie.

La maquinabilidad de un material, se define en función de:

1. Acabado e integridad superficial de la parte maquinada
2. Duración de la herramienta
3. Requerimiento de fuerza y potencia
4. Control de viruta

Tipos de herramientas

Se conoce como herramientas de corte aquellos instrumentos que trabajan por medio de un arranque de viruta. Con estas se puede cortar, arrancar o dividir cualquier material empleando para ello una navaja filosa.

Son herramientas que poseen una parte que hace la función del corte, y un cuerpo, que es por donde la misma es manejada por el usuario. Las herramientas de corte siempre están expuestas a grandes esfuerzos mecánicos y a altas temperaturas, por lo tanto se elaboran con materiales que le pueden ofrecer:

- Alta resistencia a la fractura frágil.
- Excelente resistencia al desgaste.
- Alta estabilidad química y física ante temperaturas superiores.

Tipos de herramientas según el movimiento de corte:

Herramientas de corte fijo

Refiere a las herramientas que no producen ningún movimiento mientras se corta el material. Ejemplo: los tornos, donde lo único que se mueve es la pieza giratoria de corte que posee.

Herramientas de corte contra el material

En este el material se mantiene fijo y la herramienta se mueve en contra de este para realizar el corte. Ejemplo: los cepillos

Herramientas de corte en contra dirección

Aquí tanto la herramienta como el material se mueven a la hora de realizar el corte. Ejemplo: el esmerilado sobre torno.

Tipos de herramientas según el material usado en su fabricación:

Herramientas de Diamante poli-cristalino

Se trata de herramientas muy resistentes y de alta duración, ya que el diamante policristalino, material con el cual se realiza, llega a ser duro y resistente ante desgastes por abrasión.

En cuanto a durabilidad, con el paso del tiempo, estas herramientas suelen durar mucho más que el metal duro.

Herramientas de acero al carbono endurecido

También llamadas herramientas de acero templado. Se caracterizan por la gran resistencia y dureza mecánica que ofrecen gracias al tratamiento térmico del acero, y a la cantidad de carbono que se utiliza para su fabricación.

Herramientas de Cermet

Son las herramientas que para su elaboración se emplean materiales duros integrados por partículas como el carburo de titanio, el carburo de nitruro de titanio y el nitruro de titanio.

Herramienta de acero aleado

Se trata de las herramientas que emplea el cromo y el vanadio como elementos aleantes en su fabricación.

Estas se destacan por sustituir el calor sin llegar a deformarse. Ejemplo de herramientas de acero aleado se destacan:

- Cuchillas para torneear.
- Brocas.
- Fresas de corte.

Herramientas de carburos metálicos

También llamados de carburos duros, por estar compuesto por titanio, tántano y por wolframio. Estas herramientas trabajan a una velocidad de más de 2500 m/min.

Herramientas de carburo de tungsteno sintetizado

Se trata de piezas pequeñas elaboradas de carburo de tungsteno que son soldadas a un soporte hecho de acero y que tiene un gran filo.

Estas se caracterizan por su gran dureza, y son útiles en trabajos de peso superior. Algunos ejemplos son:

- Brocas para cerámicas, concreto y vidrios.
- Perforadoras de rocas.
- Cuchillas de torneear materiales duros.
- Dientes para sierras circulares.

Con estas suele ser difícil de conseguir bordes afilados, ya que la herramienta es complicada al afilar, además tiende a ser muy frágil.

Herramientas de aceros extra-rápidos

Refiere al tipo de herramienta elaborado con acero extra rápido, las cuales se caracterizan porque su filo aun en temperaturas que superan los 600 grados C. siempre permanece igual. Son muy resistentes y funcionan a una velocidad que supera a las herramientas de aceros rápidos.

Herramientas de aceros rápidos

Se trata de las herramientas elaboradas en base a carbono-hierro, las cuales tienen una capacidad de corte de 60 m/min a 100 m/min. Puede trabajar a temperaturas de hasta 600 grados C. sin haber variación en su filo. Las mismas mantienen una dureza Rockwell de 62 a 64.

Herramientas de stelitas

Refiere a las herramientas que por su contenido de Co y Cr, llega a aguantar temperaturas altas de 600 grados C.

Herramientas de partículas de diamante

Se trata de las herramientas más costosas en el mercado, ya que emplea partículas de diamantes durante su elaboración, lo cual le hace aumentar su resistencia de forma sorprendente.

Herramientas cerámicas

Son herramientas muy antiguas que eran elaboradas en base a óxido de aluminio, pero que al ser frágiles dejaron de fabricarse. Hoy día estas herramientas se fabrican con la fundición de aceros duros y de aleaciones termo-resistentes.

Tipos de herramientas cerámicas

- Herramientas basadas en nitruro de silicio.
- Herramientas basadas en óxido de aluminio.

Herramientas de nitruro cúbico de boro

Las herramientas que se elaboran en base a este material son las utilizadas para el torneado de metales, de piezas duras y de aleaciones que tienen resistencia al calor, ya que este material logra soportar temperaturas extremadamente altas.

Herramienta de óxido de aluminio

También se reconocen como herramientas de corindón, lo cual es una de los compuestos de mayor dureza empleado en la elaboración de herramientas, como son las muelas de afilado, papeles de lija y abrasivos.

Tipos de herramientas según el número de filos:

Herramientas de un filo

Como indica su nombre, solo poseen un solo filo. Ejemplo: los buriles de corte de los cepillos o tornos.

Herramientas de corte de doble filo en hélice

Dentro de este grupo se incluyen las brocas, las cuales son empleadas para taladrar.

Herramientas de fillos múltiples

Por sus múltiples fillos cortan rápidamente, siendo ideales para materiales duros. Ejemplo: las seguetas y las fresas.

PARAMETROS DE CORTE

1.- METAL SOBRANTE (SOBRE ESPESOR)

2.- PROFUNDIDAD DE CORTE

$$t = \frac{D_f - D_i}{2}$$

$$T = E - e \text{ (mm)}$$

En donde:

E = espesor inicial de la pieza

e = espesor final de la pieza (mm).

En donde:

D_i = Diámetro inicial de la pieza (mm).

D_f = Diámetro final de la pieza (mm).

Profundidad de corte: Está predeterminada por la geometría de la pieza de corte y por la secuencia de las operaciones. Usualmente para operaciones de desbaste se utiliza la mayor profundidad posible mientras que para el acabado se utiliza la profundidad necesaria para lograr las dimensiones requeridas.

Avance: Es la distancia que recorre la herramienta en cada revolución de la pieza. Las unidades son: (mm/rev o pulg/rev)

3.- VELOCIDAD DE AVANCE

4.- VELOCIDAD DE CORTE

$$V_c = \pi D n \quad (\text{m/min}) \text{ ó } (\text{ft/min})$$

En donde:

D = diámetro correspondiente al punto más desfavorable (m).

n = número de revoluciones por minuto a que gira la pieza o la herramienta.

Velocidad de corte: La velocidad se da por el giro del husillo (m/min o ft/min) y es muy importante en el proceso de torneado debido a que influye en los tiempos de producción y en el desgaste de la

herramienta. Se debe tener un valor óptimo para encontrar un balance entre la tasa máxima de producción y la vida útil de la herramienta.

La velocidad de corte está dada por la siguiente ecuación:

$$V_c = (\pi * D_i * V_h) / 1000 \text{ Fórmula 1.}$$

Donde:

$V_c = \text{Velocidad de Corte}$

$D_i = \text{Diámetro inicial}$

$V_h = \text{Velocidad del husillo}$

Ángulos del Corte

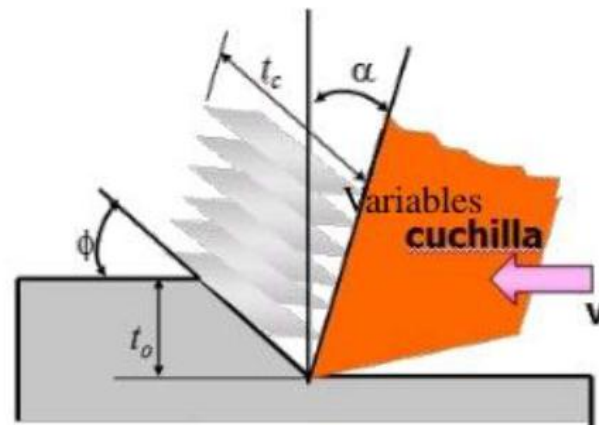
$\alpha =$ ángulo de devastado

$\phi =$ ángulo del plano de corte

$h =$ profundidad de corte

$t_c =$ espesor de la viruta

$r_c =$ razón de espesor de viruta y profundidad de corte



Ejemplos:

1. Tratemos de calcular la velocidad de corte con la que se tornea una pieza.

Datos: diámetro de la pieza $d = 50$ mm, número de revoluciones $n = 160$ RPM.

Sol. 25.12 m/min.

No se puede trabajar con una velocidad de corte cualquiera. Si la velocidad de corte es demasiado pequeña, el tiempo invertido en el trabajo resulta demasiado largo, y si la velocidad es demasiado grande, la cuchilla pierde su dureza como consecuencia del fuerte calentamiento sufrido y se desgasta rápidamente teniendo que ser afilada con frecuencia.

Interesa, pues, escoger la velocidad de corte más adecuada para cada caso.

2. Se quiere calcular el número de revoluciones dadas los siguientes datos:

$d = 125$ mm; $v = 20$ m/min.

Sol. 51 RPM

3. Se quiere calcular también el número de revoluciones partiendo de los siguientes datos: $d = 55$ mm; $v = 20$ m/min.

Sol. 116 RPM

4. Se trata de mecanizar, mediante fresado de desbastado una placa empleando una fresa cilíndrica.

Queremos calcular el número de revoluciones de la fresa.

Datos: Material de la placa St 50.11.

Diámetro de la fresa 75 mm.

Solución Velocidad de corte, según la tabla 130,1, igual a 17 m/min.

Sol. 72 RPM

En una fresadora no se puede disponer, por lo general, nada más que de un cierto número de velocidades. Por ejemplo 37 - 49 - 64 - 86 - 113 - 147 - 197 - 260 - 338 - 455 - 600 - 700 revoluciones por minuto.

En el caso del ejemplo anterior escogeríamos el número de revoluciones $n = 64$ rev /min.

5. Para el fresado cilíndrico de acero de resistencia igual a $35 \dots 60 \text{ kg/mm}^2$ la cantidad de viruta admisible es de $12 \text{ cm}^3/\text{Kw. min}$ (T. 142,3).

¿Qué cantidad de viruta será posible arrancar por minuto con una fresadora de 2,5 Kw. de potencia?

Sol. $30 \text{ cm}^3/\text{min}$

La cantidad de viruta V puede también calcularse partiendo de la profundidad de corte (a), la anchura de corte (b) y la velocidad de avance (s').

6. Una placa de St 50.11 debe trabajarse con fresa cilíndrica. Profundidad de fresado 4 mm, anchura de la fresa 80 mm, potencia de la máquina, 3 k W. Se quiere calcular la velocidad máxima posible de avance.

Sol. 112 mm/min.

En la fresadora no puede, por lo general, disponerse sino de un determinado número de velocidades de avance, por ejemplo, 12 - 20 - 33 - 57 - 99 - 167 - 276 - 480 mm/min. Habrá, por lo tanto, que escoger en este caso la velocidad de 99 mm/min.

Para desbastar un eje de St 50.11* con acero rápido, según la tabla 35,1 resulta conveniente una velocidad de 22 m/min.

En el trabajo de tomo hay que saber con qué número de revoluciones por minuto debe moverse la pieza para que se tenga la velocidad de corte deseada.

Ejercicios propuestos

1. ¿Cuántas revoluciones tiene que dar por minuto una broca de 18 mm de diámetro para que gire a una velocidad de corte de 30 m/min. ? Sol. 530 RPM

2. ¿Cuál es la velocidad de corte de una broca de 25mm de diámetro que gira a 170 vueltas por minuto?

Sol. 13 m/min

3. ¿Cuántas revoluciones por minuto deberá dar una broca de acero rápido de 10 mm de ϕ para taladrar fundición?. Sol. 480 RPM y 640 RPM

4. Calcular la velocidad de avance en mm/min de un mecanizado donde las RPM a aplicar son de 860 y el avance por vuelta de la herramienta es de 0.1 mm. Sol. 86 mm/min

5. Calcular la velocidad de avance en mm/rev de un mecanizado donde las RPM a aplicar son de 860 y el avance es de 120 mm/min. Sol. 0.13 mm/rev.

6. Calcular la velocidad de avance en mm/rev de un mecanizado donde las RPM a aplicar son de 500, el avance de la herramienta es de 400 mm/min y el número de dientes es de 6. Sol. 0.13 mm/rev

7. Calcular la velocidad de avance en mm/min de un mecanizado con fresadora donde las RPM a aplicar son de 500 y el avance por vuelta de la herramienta es de 0.1 mm y el número de dientes de la fresa es de 6. Sol. 300 mm/min

PROCESOS DE REDUCCION DE MASA

Los procesos básicos del tipo de reducción de masa son mecánicos (fractura dúctil o frágil), químicos (disolución y combustión) o térmicos (fusión).

Los procesos de reducción de masa basados en la fractura son los más importantes industrialmente, ya que incluyen todos los procesos de corte. La adaptabilidad de un material a los procesos de corte se conoce frecuentemente como maquinabilidad.

La maquinabilidad, la cual depende de muchas propiedades diferentes del material, es una medida de que tan buena es la interacción entre la herramienta de corte y el material.

Los parámetros que cubren un índice de maquinabilidad pueden ser desgaste de la herramienta, calidad de la superficie, fuerzas de corte o forma de la viruta. Se suele considerar que el desgaste de la herramienta es el criterio principal y se han desarrollado procedimientos estandarizados de prueba.

La maquinabilidad depende primordialmente de:

1. Las propiedades mecánicas de un material (ductilidad y dureza)
2. Su composición química
3. Su tratamiento térmico (estructura)

En cuanto a las propiedades mecánicas se puede afirmar que una baja ductilidad, un bajo endurecimiento por deformación y una baja dureza equivalen a una buena maquinabilidad.

Análogamente, esto significa que los materiales de alta ductilidad y alto endurecimiento por deformación son difíciles de maquinar. En muchos materiales la dureza es una indicación razonablemente buena de la facilidad con que se pueden maquinar.

La composición de un material tiene una gran influencia en su maquinabilidad.

Añadiendo pequeñas cantidades de plomo, manganeso, azufre, selenio o telurio, se puede incrementar considerablemente la maquinabilidad sin alterar las propiedades mecánicas.

Respecto a la estructura de un material debe ser lo más homogénea posible sin partículas abrasivas ni inclusiones duras, ya que estas aumentan el desgaste de las herramientas y dan por resultado superficies defectuosas.

PROCESOS DE CONSERVACION DE MASA

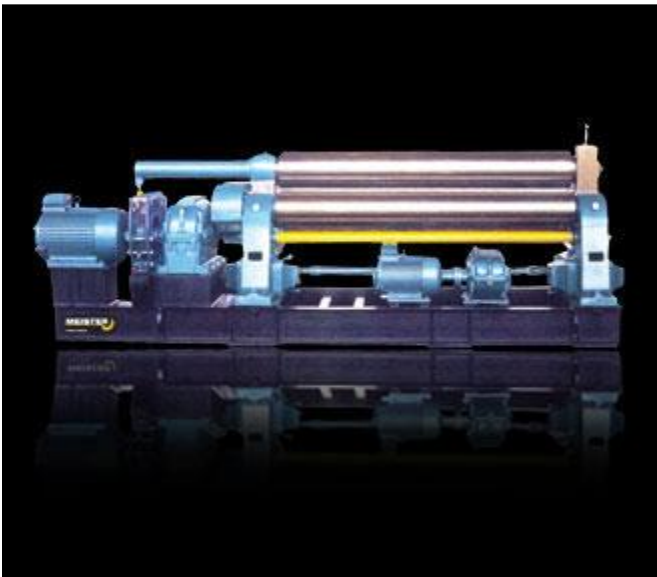
Los procesos industriales más utilizados tienen lugar a temperatura ambiental; en consecuencia, la velocidad de deformación no ocasiona problemas. Sin embargo en aquellos procesos que se efectúan a temperaturas elevadas se deben tomar en cuenta los efectos de la viscosidad de deformación. Las altas temperaturas pueden dar por resultado un material con un esfuerzo constante de cedencia, el cual es independiente de la deformación. En este estado el material puede soportar deformaciones muy grandes, ya que la temperatura es superior a la de cristalización, donde se producen continua y casi instantáneamente nuevos granos libres de deformación. Estos “procesos de trabajo en caliente” no causan problemas graves en la fase de deformación, cuando la velocidad de dicha deformación está controlada. Lo anterior es válido, para todos los metales, con algunas excepciones: por ejemplo el latón para cartuchos, que presenta tendencia a la fragilidad a temperaturas por arriba de la temperatura de recristalización.

Ejemplos típicos de procesos de conservación de masa:

Laminación, Extrusión, Estirado en caliente, Forja, Extracción, Embutido, Conformación con hule, Abocardado, Repujado, Plegado, Conformación por estirado, Doblado con rodillos.

Laminación

La roladora puede hacer dobleces completamente circulares, también puede realizar aplanados y rolados.



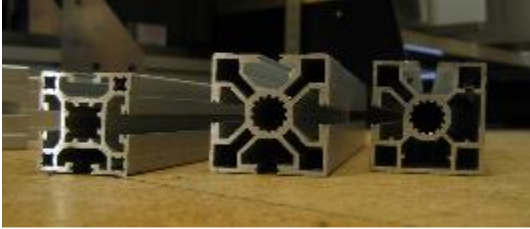
Laminado

Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios. Los rodillos son generalmente cilíndricos y producen productos planos tales como láminas o cintas. También pueden estar ranurados o grabados sobre una superficie a fin de cambiar el perfil,

así como estampar patrones en relieve. Este proceso de deformación puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío.

El trabajo en caliente es usado muy ampliamente porque es posible realizar un cambio en forma rápida y barata. El laminado en frío se lleva a cabo por razones especiales, tales como la producción de buenas superficies de acabado o propiedades mecánicas especiales. Se lamina más metal que el total tratado por todos los otros procesos.

Extrusión



Extrusión

En este proceso un cilindro o trozo de metal es forzado a través de un orificio por medio de un embolo, por tal efecto, el metal estirado y extruido tiene una sección transversal, igual a la del orificio del dado.

Hay dos tipos de extrusión, extrusión directa y extrusión indirecta o invertida. En el primer caso, el embolo y el dado están en los extremos opuestos del cilindro y el material es empujado contra y a través del dado. En la extrusión indirecta el dado es sujetado en el extremo de un embolo hueco y es forzado contra el cilindro, de manera que el metal es extruido hacia atrás, a través del dado.

La extrusión puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío, pero es predominantemente un proceso de trabajo en caliente. La única excepción a esto es la extrusión por impacto, en la cual el aluminio o trozos de plomo son extruidos por un rápido golpe para obtener productos como los tubos de pasta de dientes. En todos los procesos de extrusión hay una relación crítica entre las dimensiones del cilindro y las de la cavidad del contenedor, especialmente en la sección transversal.

El proceso se efectúa a una temperatura de 450 a 500 °C con el fin de garantizar la extrusión.

El diseño de la matriz se hace de acuerdo con las necesidades del mercado o del cliente particular.

La extrusión nos permite obtener secciones transversales solidas o tubulares que en otros metales sería imposible obtener sin recurrir al ensamble de varias piezas.



Los metales que pueden trabajarse en caliente pueden extruirse con formas de sección transversal uniforme con ayuda de presión. El principio de extrusión, similar a la acción del chorro de la pasta de dientes de un tubo, ha sido muy usado para procesos en serie desde la producción de ladrillos, tubo de desagüe, tubo de drenaje, hasta la manufactura de macarrones. Algunos metales como el plomo, estaño y aluminio pueden extruirse en frío, mientras que otros requieren la aplicación de calor para hacerlos plásticos o semisólidos antes de la extrusión. En la operación actual de extrusión, los procesos difieren un poco, dependiendo del metal y aplicación, pero en resumen consisten en forzar al metal (confinado en una cámara de presión) a salir a través de dados especialmente formados. Varillas, tubos, guarniciones moldeadas, formas estructurales, cartuchos de bronce, y cables forrados con plomo son productos característicos de metales extruidos.

La mayoría de las prensas usadas en el extruido convencional de metales son de tipo horizontal y operado hidráulicamente. Las velocidades de operación dependen sobre todo de la temperatura y material, varían de unos cuantos metros sobre minuto hasta 275 m/min.

Las ventajas de la extrusión incluyen la facilidad de producir una variedad de formas de alta resistencia, buena exactitud y terminado de superficie a altas velocidades de producción, y relativamente con un bajo costo de los dados.

El proceso es alrededor de tres veces mas lento que la forja por rolado, y la sección transversal debe permanecer constante. Entre sus variantes son:

- **Extrusión Indirecta:** La extrusión indirecta. Se requiere menos fuerza por este método, debido a que no existe fuerza de rozamiento entre el tocho y la pared continente. El debilitamiento del apisonador cuando es hueco y la imposibilidad de proveer soporte adecuado para la parte extruida constituyen las restricciones de este proceso.
- **Extrusión por Impacto:** En la extrusión por impacto un punzón es dirigido al pedazo de metal con una fuerza tal que este es levantado a su alrededor. La mayoría de las operaciones de extrusión por impacto, tales como la manufactura de tubos plegables, son trabajadas en frío. Sin embargo hay algunos metales y productos, particularmente aquellos en los cuales se requieren paredes delgadas, en los que los pedazos de metal son calentados a elevadas temperaturas.

Trefilado



- Apropiado para estirar alambre de 8 mm o 6 mm a diámetros menores hasta 2 mm o menos para fabricar clavos puntas de paris.
- Apropiado también para estirar alambre para fabricar alambre de púas, mallas de alambre, etc.
- Disponible también Maquinaria para Estirado de alambre fino tipo Mojado / desliz.

Proceso de trefilacion

La trefilacion consiste en cambiar y/o reducir la sección de una barra haciéndola pasar por tracción a través de un dado cónico. Este proceso se realiza en frio. En general este proceso es económico para barras de menos de 10mm de diámetro.

Embutición



Cubo para embutir acero

Embutido profundo y prensado

El embutido profundo es una extensión del prensado en la que a un tejo de metal, se le da una tercera dimensión considerable después de fluir a través de un dado. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz, así como al indentar un blanco y dar al producto una medida rígida. Latas para alimentos y botes para bebidas, son los ejemplos más comunes.

Forja



Forjado

En el caso más simple, el metal es comprimido entre martillo y un yunque y la forma final se obtiene girando y moviendo la pieza de trabajo entre golpe y golpe. Para producción en masa y el formado de secciones grandes, el martillo es sustituido por un martinete o dado deslizante en un bastidor e impulsado por una potencia mecánica, hidráulica o vapor.

Un dispositivo utiliza directamente el empuje hacia abajo que resulta de la explosión en la cabeza de un cilindro sobre un pistón móvil. Los dados que han sustituido al martillo y al yunque pueden variar desde un par de herramientas de cara plana, hasta ejemplares que tiene cavidades apareadas capaces de ser usadas para producir las formas más complejas.

Si bien, el forjado puede realizarse ya sea con el metal caliente o frio, el elevado gasto de potencia y desgaste en los dados, así como la relativamente pequeña amplitud de deformación posible, limita las aplicaciones del forjado en frio. Un ejemplo es el acunado, donde los metales superficiales son impartidos a una pieza de metal por forjado en frio. El forjado en caliente se está utilizando cada vez

más como un medio para eliminar uniones y por las estructuras particularmente apropiadas u propiedades que puede ser conferida al producto final.

II. PROGRAMACION DE CONTROL NUMERICO

CNC: Principios y funcionamiento

El CNC, (control numérico por computadora), tiene sus orígenes en los años 1940 a 1950 cuando los fabricantes de diversa maquinaria decidieron automatizar los procesos de mecanizado de sus máquinas, sustituyendo los accionamientos manuales por motores y mecanismos que se controlaban de forma autónoma interpretando unos patrones de actuación que leían de una cinta previamente perforada..., claro que entonces era solo NC, (control numérico).

En la medida que ha ido pasando el tiempo esos motores y mecanismos van siendo cada vez más perfectos, consiguiendo mecanizados de mucha mayor precisión.

El control también se va perfeccionando hasta la llegada de la electrónica digital y las computadoras, que se integran contribuyendo al desarrollo del automatismo y a la precisión de sus movimientos.

Cada vez son más los procesos de mecanizado y transformación industrial que utilizan maquinaria altamente precisa y automatizada, siendo el CNC uno de los controles más versátiles y utilizados.

Con CNC podemos crear programas que servirán para el mecanizado de tantas piezas iguales como queramos, simplemente controlando el movimiento de la máquina en alguno o en todos sus ejes y de una manera relativamente sencilla y práctica.

Para el mecanizado de piezas muy complejas se suele utilizar diseño asistido por ordenador, empleando ciertos programas de diseño en "3D", (tres dimensiones: largo, ancho y alto), del tipo "CAD" y "CAM" que después de acabar el diseño, se encargan ellos mismos de confeccionar el programa para el CNC.

También se puede programar el CNC en los llamados "lenguajes de alto nivel" o programación paramétrica.

Y por último, la manera más sencilla, la que se usa "a pie de máquina", que es la que nos ocupa en éste caso, es la programación en lenguaje "ISO".

La programación en lenguaje ISO, puede ser efectuada directamente en la propia máquina, incluso algunas disponen de funciones mediante las que se puede estar programando mientras que la máquina está trabajando con otro programa. También se puede hacer desde el ordenador, transfiriendo el programa a la máquina desde el mismo ordenador si está equipada con las funciones necesarias de comunicación "DNC" (data numeric control).

El lenguaje ISO es un lenguaje normalizado, precisamente por el estándar ISO 6983/1, lo que significa que un mismo programa puede funcionar correctamente en diferentes controles o máquinas que admitan este estándar.

Para la realización de un programa se tienen que seguir estrictamente la utilización de las funciones o códigos del lenguaje ISO, la posición y el orden que deben de ocupar, así como el orden de operaciones que queremos realizar.

Ventajas principales de un equipo de CN

Ventajas en diseño

- Prototipos precisos
- Cumplimiento de especificaciones
- Reducción en la dificultad para manufacturar partes

Ventajas en manufactura:

- Permite una mejor planeación de las operaciones
- Se incrementa la flexibilidad de maquinado
- Reducción en tiempo de programación
- Mejor control del proceso y tiempos de maquinado
- Disminución en los costos por herramientas
- Se incrementa la Seguridad para el usuario
- Reducción del tiempo de flujo de material
- Reducción del manejo de la pieza de trabajo
- Aumento de productividad
- Aumento en precisión

Aplicaciones

Fresado

Torneado

Taladrado

Esmerilado

Doblado

Punzonado

Maquinado por descarga eléctrica (EDM)

Inspección (Máquina de coordenadas)

Estándares de Controladores

- Existen diferencias entre los controladores que se encuentran en el mercado, inclusive de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes.
- Para entender el CNC, es necesario conocer las diferencias y similitudes que presentan los diferentes controladores así como los estándares que utilizan para su programación.

Normalmente se siguen dos estándares mundiales:

ISO 6983
(International Standardization Organization)

EIA RS274
(Electronic Industries Association)

Funcionamiento

El funcionamiento de la programación CNC se asemeja mucho a lo que pudiera ser una representación gráfica o croquis de la pieza que queremos mecanizar. Sin embargo, como se trata

de un proceso de mecanizado, es necesario tener en cuenta el orden de operaciones a efectuar, es decir, que se trata de una programación de tipo "secuencial", donde cada orden o "bloque de programación" es seguida por la siguiente y así sucesivamente.

Es por eso que debemos de empezar en un punto concreto y a partir de ahí ir definiendo cada secuencia que debe de seguir la herramienta para conseguir el perfil deseado. Es como efectuar un viaje donde nos marcamos unos puntos o "cruces de carreteras" intermedios necesarios, ya que, siguiendo el mapa, lograremos llegar al destino deseado e incluso volver a casa cerrando así el circuito.

Pues está claro, definiremos cual es el punto de partida que nos pueda interesar y a partir de ahí, vamos a ordenar a nuestra herramienta que se desplace de cada punto, ("cruce de carreteras"), hasta el siguiente siguiendo la trayectoria que debe de describir en su desplazamiento.

Es por esto que es muy importante definir perfectamente las coordenadas del punto ("cruce de carreteras") de destino, como si de un "navegador vi satélite" se tratase.

Además de definir las coordenadas del siguiente punto de destino, también daremos informaciones adicionales, tales como la velocidad de "avance", velocidad de giro de la herramienta, aportación de refrigerantes, etc. en nuestros "bloques" de programación.

La información de las coordenadas del siguiente punto de destino, se las podremos indicar en cotas absolutas, cotas incrementales o en cotas polares.

Para empezar, tendremos que distinguir cada programa que hagamos de los demás. Por lo que tendremos que asignarle un nombre que sea único...

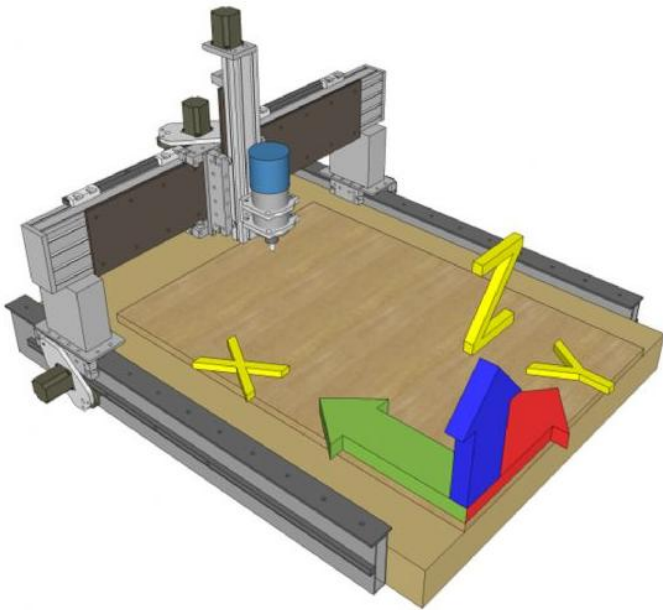
El estándar ISO, indica que esto hay que hacerlo asignando un número único después de una "P", mayúscula, seguida de un número de máximo 5 cifras, para evitar malos entendidos, dado que en la "memoria" de la máquina, pueden residir muchos programas, y hay que disponer de ellos de una manera inequívoca.

Luego hay que asignar un sistema de coordenadas, indicando dónde está su centro de referencia, (que en éste caso no es otro más que el "cero pieza"), que nos va a servir de punto de referencia para los próximos "bloques de programación", y que podremos ir cambiando cada vez que queramos a lo largo del programa.

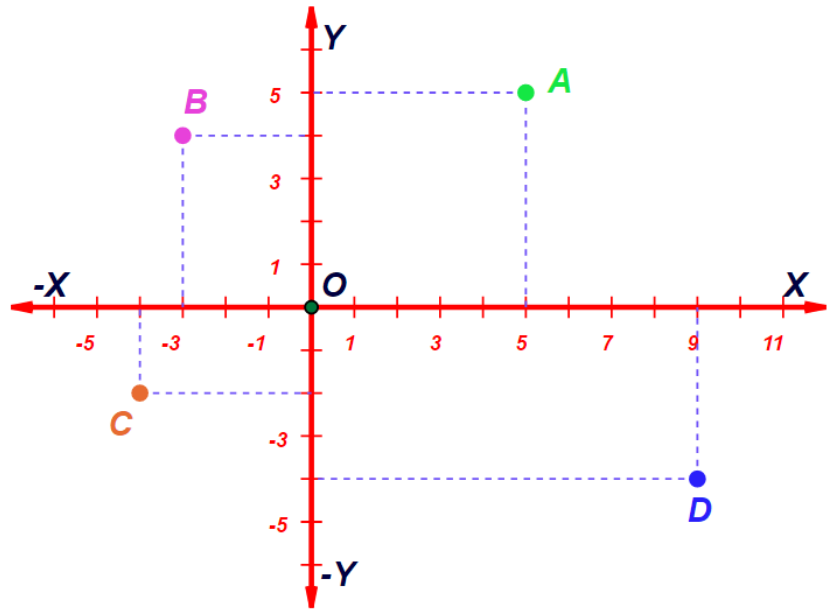
Teniendo ya un punto de referencia, situaremos la herramienta ("avance rápido sin mecanizar") en el punto de inicio del mecanizado que queremos efectuar, y... ese es el punto de partida de nuestro "viaje" ó mecanizado.

Solo queda ir programando las coordenadas del siguiente punto, así como la trayectoria a seguir y repitiendo este pasó para cada punto, habremos terminado ya nuestro programa.

SISTEMA DE COORDENADAS



Sistema de coordenadas



Para medir cualquier objeto o pieza con volumen es necesario efectuar tres medidas, el ancho, el largo y el alto.

Si ese objeto no es un "dado", si no que se trata de una pieza de formas irregulares, lleno de entrantes y de salientes, entonces es necesario describir todas sus formas indicando las "cotas" o medidas de cada una de ellas. Para facilitar esa labor disponemos de lo que se denomina el sistema de coordenadas. Como todas las medidas hay que tomarlas desde un punto que sirva de referencia, le llamaremos "origen de coordenadas".

Con el objeto de hacerlo más sencillo de entender, ahora nos vamos a ocupar sólo de dos de las "medidas", el ancho y el largo, dejando para más adelante el alto, en éste caso es como si mirásemos la pieza desde arriba, viendo tan solo el contorno, dejando de lado su profundidad.

Entonces tomamos como origen de coordenadas el punto "O" del dibujo, y para poder medir, colocamos dos reglas perpendiculares que pasen las dos por el origen de coordenadas, así tendremos la regla o "eje" que mide el ancho y que llamaremos eje "X", y el "eje" o regla que mide el largo, que la llamamos eje "Y".

El origen de coordenadas es el punto "O", por lo que las cotas o medidas que efectuamos en el eje "X" hacia la derecha serán cotas positivas, mientras que las que están hacia la izquierda serán cotas negativas. Con el largo, eje "Y", haremos lo mismo, siendo positivas las cotas que se encuentren hacia arriba del origen "O", y negativas las que se encuentren por debajo de él origen.

Como ya se ha mencionado, todas las "cotas" deben de tomar como referencia los ejes "X" e "Y" del sistema de coordenadas, cuyo origen es el punto "O" y al tratarse de una simple referencia, éste punto lo podemos situar donde más nos convenga para "acotar" mejor nuestra pieza. Es lo que en CNC llamamos "cero pieza", que además de situarlo donde queramos, también es posible cambiarlo de sitio a lo largo de nuestro programa, como ya veremos más adelante.

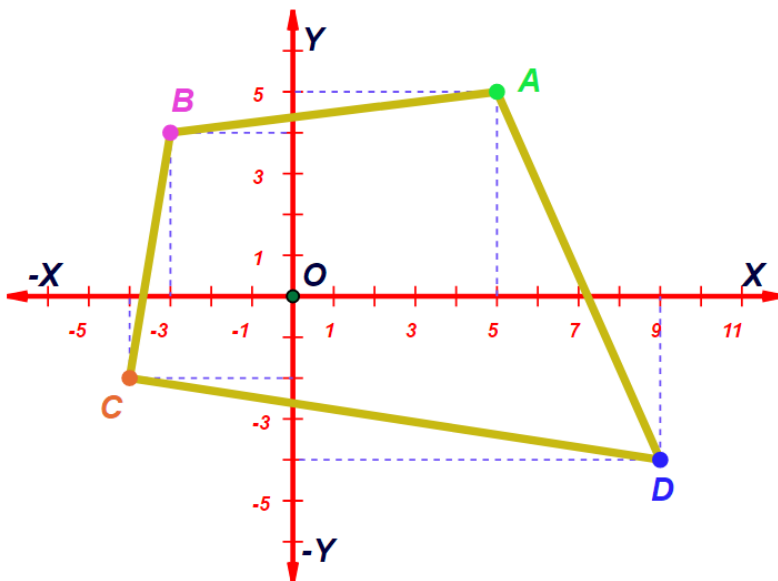
Siguiendo éste patrón, podemos decir que el punto "A" tiene unas cotas de $X = 5$, y de $Y = 5$, luego las cotas de A son X5 Y5. Así mismo el punto "B" será X-3 Y4, el punto "C" será X-4 Y-2 y el punto "D" tiene unas cotas de X9 Y-4 en nuestro sistema de coordenadas. Del alto nos ocuparemos cuando hablemos del eje "Z".

Los puntos que nos interesan acotar, son el principio o punto de partida, el final y todos aquellos que definan un "cruce" o cambio de trayectoria, como iremos viendo más adelante.

Una vez acotados los puntos de interés, solo queda indicar al CNC que vaya desplazando la herramienta, de uno a otro definiendo el contorno o camino que queremos que siga. Para ello usaremos las "funciones" de desplazamiento que dispone el lenguaje ISO.

CODIGOS PREPARATORIOS DE PROGRAMACION

Definición de cotas absolutas.



En éste caso concreto serán los puntos "A", "B", "C" y "D" del dibujo, suponiendo que iniciemos el mecanizado en alguno de ellos. Pero si queremos iniciar el mecanizado en la mitad de una de las líneas rectas, también deberíamos acotar ese punto en concreto.

Existen otras formas de indicar los puntos, sin embargo, en éste capítulo nos ocuparemos de lo que se denomina "COTAS ABSOLUTAS", que consiste en ir acotando los puntos dados midiendo las distancias existentes hasta los ejes "X" e "Y", siendo así A X5 Y5, B X-3 Y4, C X-4 Y-2 y D X9 Y-4.

Normalmente, si al CNC no se le indica lo contrario mediante la función correspondiente, interpreta que las cotas son ABSOLUTAS. No obstante la función para indicar que estamos trabajando en absolutas es "G90", que se mantendrá hasta que se le ordene lo contrario.

Y teniendo en cuenta que las funciones que ordenan el mecanizado en línea recta son "G1" ó "G01" indistintamente, y que las funciones para el avance rápido sin mecanizar, (se emplean para situar la herramienta en el punto de inicio del mecanizado), "G","G0" ó "G00", el programa básico para efectuar este mecanizado podrá ser el siguiente:

```
P 2356           // Establecemos el número de programa.
N 10 G90        // Indicamos que trabajamos en cotas absolutas.
N 20 G53 X200 Y200 // Situamos el "cero pieza" , origen de coordenadas
N 30 G0 X5 Y5   // Situamos la herramienta sin mecanizar en el punto A.
N 40 G1 X9 Y-4  // Mecanizamos el línea recta hasta el punto D.
N 50 G1 X-4 Y-2 // Mecanizamos en línea recta hasta el punto C.
N 60 G1 X-3 Y4  // Mecanizamos en línea recta hasta el punto B.
N 70 G1 X5 Y5   // Mecanizamos en línea recta hasta el punto A.
N 80 M30        // Instrucción de fin de programa.
```

En éste caso, el "cero pieza", lo hemos situado de una forma hipotética en el punto X200, Y200, y se encuentra dentro del mecanizado, pero puede estar fuera.

El programa siempre tiene como título un número de no más de cinco dígitos con la P mayúscula por delante.

Las N 10, N 20... Son los números de orden de cada bloque de programación, y en un principio, se establecen de 10 en 10 para que exista la posibilidad de incluir bloques intermedios en caso de necesidad, sin tener que escribir el programa de nuevo en caso de descuido...

El mecanizado lo empezamos situando la herramienta en cualquier punto, (en este caso el A), mediante la instrucción G0, y mecanizamos hacia la derecha, pudiendo hacerlo también hacia la izquierda según nuestro criterio.

En éste caso no hemos tenido en cuenta la profundidad del mecanizado, o "eje Z" , que lo veremos más adelante.

Definición de cotas incrementales

Decir cotas INCREMENTALES, significa que cada punto que sucede a otro, se mide por la diferencia o incremento de medida tanto en el eje "X" como en el eje "Y" que existe entre ellos. O sea que lo que vamos a acotar o medir es la distancia en X e Y que los separa. Por eso, en éste caso es importante decir que se trata de medidas secuenciales, es decir que cada punto se refiere al anterior en la secuencia de mecanizado.

En realidad estamos describiendo la diferencia de las "cotas absolutas" que existen entre los dos puntos.

De esta forma, el primer punto de la secuencia toma por cotas el incremento o diferencia que existe entre sus "cotas absolutas" y las del "cero pieza" , el siguiente punto tomará por cotas la diferencia entre las cotas absolutas suyas y las del punto anterior, y así sucesivamente.

Las COTAS INCREMENTALES se indican en el lenguaje ISO para CNC con la función "G91", que estará activa hasta que se ordene lo contrario, (función G90, "cotas absolutas").

Tomemos como ejemplo el punto A, por ser el primero sus cotas incrementales serán la diferencia de cotas hasta los ejes "X" e "Y", por lo que será X5 Y5, si luego queremos llegar al punto D,(que en absolutas es X9 Y-4), solo tendremos que hacer la diferencia entre cotas absolutas de ellos, para X $9 - 5 = 4$, para Y $-4 - 5 = -9$, por lo que las cotas incrementales para llegar al punto D, estando en el A,(al ser secuenciales, siempre se refieren al punto anterior en la secuencia), serán X4 Y-9.

Así el programa básico en lenguaje ISO para CNC en cotas incrementales para este ejemplo, podría ser el siguiente:

```
P 3360           //Establecemos el número de programa.
N 10 G53 X200 Y200 //Situamos el "cero pieza" , origen de coordenadas
N 20 G0 X5 Y5     // Situamos la herramienta sin mecanizar en el punto A.
N 30 G91         // Indicamos que trabajamos en cotas incrementales.
N 40 G1 X4 Y-9   // Mecanizamos el línea recta hasta el punto D.
N 50 G1 X-13 Y2  // Mecanizamos en línea recta hasta el punto C.
N 60 G1 X1 Y6    // Mecanizamos en línea recta hasta el punto B.
N 70 G1 X8 Y1    // Mecanizamos en línea recta hasta el punto A.
N 80 M30         // Instrucción de fin de programa.
```

En éste caso, el "cero pieza" , lo hemos situado de una forma hipotética en el punto X200, Y200, igual que en el capítulo anterior.

El programa siempre tiene como título un número de no más de cinco dígitos con la P mayúscula por delante.

Las N 10, N 20... son los números de orden de cada bloque de programación, y en un principio, se establecen de 10 en 10 para que exista la posibilidad de incluir bloques intermedios en caso de necesidad...

Situamos la herramienta, sin mecanizar en el punto A. Observar que hasta ahora estábamos en "G90", o sea en "cotas absolutas" ya que por defecto el CNC adopta estas, mientras que no se le diga lo contrario.

Ahora, en el bloque N 30, establecemos las cotas incrementales con la función "G91" para el resto del programa.

Nos desplazamos mecanizando en línea recta, (G1) hasta el punto D, y como se puede observar en éste caso las cotas son la diferencia en los ejes X e Y pero no hasta el eje, si no que hasta el punto D, es decir para X4 y para Y-9.

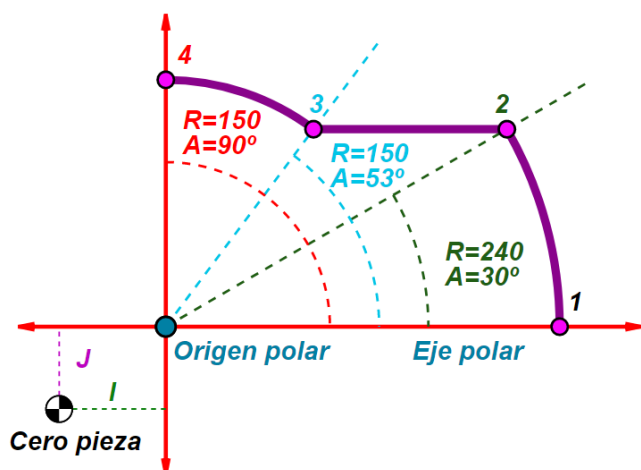
Seguido hacemos lo mismo para el punto C, acotamos la diferencia de medidas desde el punto en el que estamos D, hasta al que vamos a desplazarnos C, así para X-13 porque nos desplazamos a la izquierda en el eje X, y para Y2 porque nos desplazamos hacia arriba en el eje Y. Y lo mismo para el resto de los puntos.

A destacar... que acotamos las diferencias existentes tanto en el eje X, como en el Y, desde el punto donde actualmente estamos hasta el punto al que vamos. En el eje X, si vamos a la derecha las cotas serán positivas, mientras que si vamos a la izquierda las cotas serán negativas.

En el eje Y, si nos desplazamos hacia arriba, las cotas serán positivas, y si nos desplazamos hacia abajo las cotas serán negativas.

El final del programa siempre será un "M30", en nuestro caso, en algunas marcas de CNC, puede ser otra instrucción, a pesar de que el resto del programa no varíe.

Definición de cotas polares.



En muchas ocasiones el uso de cotas polares puede evitarnos tener que realizar cálculos trigonométricos para determinar las cotas de algunos puntos de los que no disponemos de otros datos.

En este caso acotaremos los puntos mediante el radio "R" que los separa del origen polar y el ángulo "A" que forman con el eje polar.

El origen polar se puede definir en cualquier punto del plano utilizando la función "G93" indicando las cotas absolutas desde el cero pieza activo, siendo "I" la distancia en el eje X y "J" la distancia en el eje Y.

A partir de aquí todas las cotas serán referidas utilizando los parámetros "R" y "A", ya que si incluimos parámetros "X" o "Y" el control numérico automáticamente anulará el origen polar.

Los valores R y A serán cotas absolutas o incrementales según se esté trabajando en G90 ó G91, pero en cualquier caso el radio tiene que tener siempre valor positivo.

Se permiten valores negativos de "R" en incrementales (G91), siempre que el valor resultante para el radio sea positivo.

El origen polar será el centro de referencia mientras esté activo, pudiendo cambiarlo de sitio siempre a capricho, siendo independiente del cero pieza.

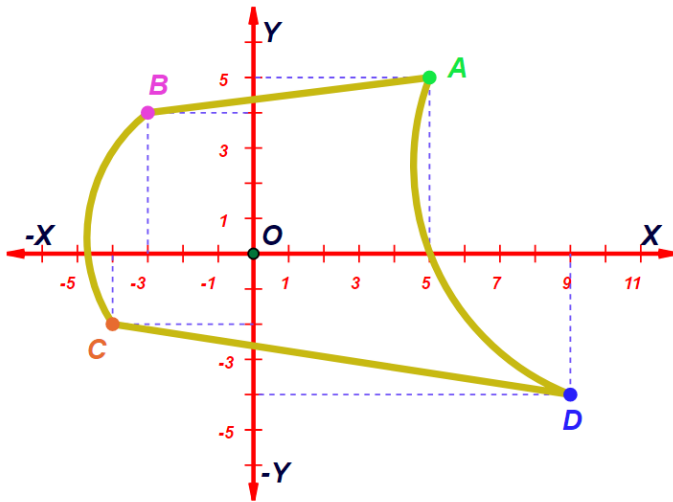
La función G93 se programa en un bloque ella sola, y su origen polar permanecerá activo mientras no se cambie de sistema de cotas con G90, con G91 o usando parámetros "X" o "Y", en cuyo caso pasará a ser el cero pieza.

En el momento del arranque y mientras no se especifique lo contrario, la máquina asume el origen polar en el cero pieza programado que esté activo.

Ejemplo de secuencia de programa para realizar el mecanizado del dibujo siguiendo el orden de los puntos:

```
N 90 G90
N 100 G93 I60 J60
N 110 G00 R240 A0 Z1
N 120 G01 Z-5
N 130 G03 R240 A30
N 140 G01 R150 A53
N 150 G03 R150 A90
```

Interpolación, trayectoria.



Obsérvese este dibujo... Como se puede apreciar, los puntos son los mismos y lo que es más, tienen las mismas cotas que en los capítulos anteriores, "cotas absolutas" y "cotas incrementales". Sin embargo algo ha cambiado, es distinto... La pieza o dibujo no es igual.

Lo que puede cambiar entre dos puntos, a pesar de que la distancia entre ellos sea la misma e incluso, las cotas también sean las mismas, es la TRAYECTORIA que describamos al desplazarnos de uno a otro.

En todo dibujo o pieza, solo existen básicamente dos formas posibles de trayectoria a seguir, que son la "línea recta" y la "línea curva". Con la combinación de estas dos formas básicas, se puede diseñar cualquier dibujo o pieza por complejo que sea.

La línea recta, es más fácil de comprender, en definitiva es la trayectoria más corta que existe entre esos dos puntos dados.

La línea curva en realidad siempre es un trozo de circunferencia a la que llamamos "arco", y para definirla además de esos dos puntos que son el principio y el final, necesitamos al menos otro punto, que es el centro de la circunferencia en el que está contenido.

También hemos dicho en capítulos anteriores que la programación CNC es una programación secuencial, es decir, que vamos dando pasos, uno después de otro, lo que significa que cada bloque de programación depende del bloque anterior.

Recordar que es como ir haciendo un viaje donde vamos punto por punto, ("cruce por cruce de

caminos"), así que cada nuevo punto y cada nueva trayectoria a seguir, dependen siempre del punto en el que estemos en ese momento y del sentido que llevemos.

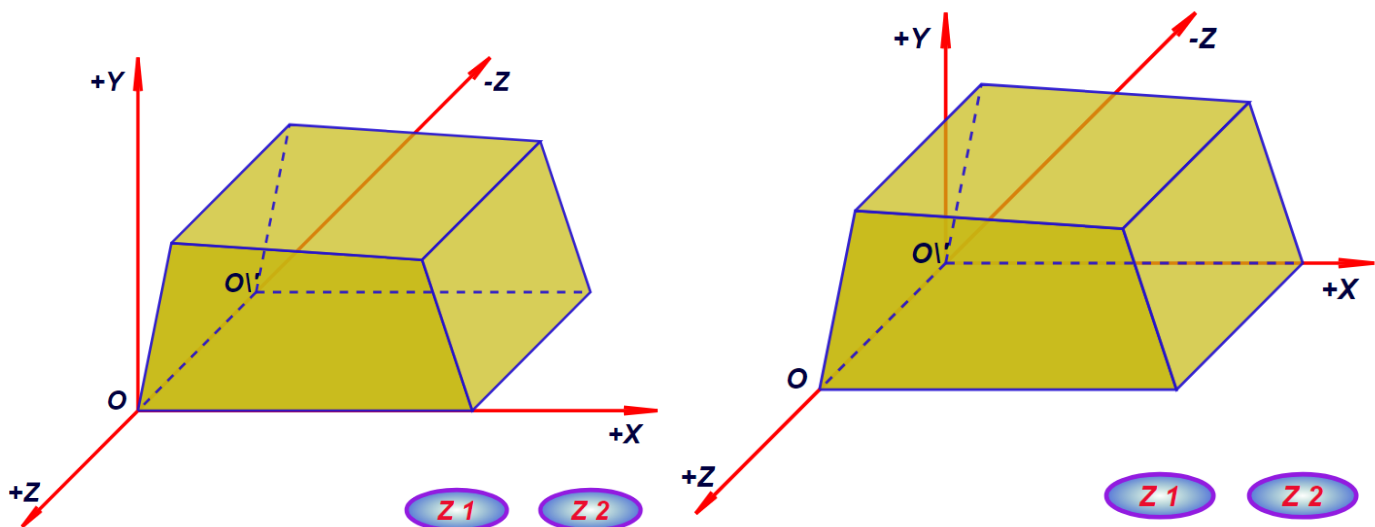
Esto influye y más aún si se trata de y "cotas incrementales", puesto que las cotas dependen de dónde estemos en ese preciso instante.

Pero en el caso de las curvas o arcos se hace obligatorio definir bien la trayectoria, en cualquier sistema de cotas, puesto que tenemos que indicar al CNC si la curva la tomamos a la derecha o sentido de las agujas del reloj, ("G02", "G2" indistintamente), o si la tomamos a la izquierda, ("G03" ó "G3"), sentido anti horario. Y es por esto que no será lo mismo si estamos mecanizando tomando los puntos hacia la derecha que tomándolos hacia la izquierda.

Resumiendo, la trayectoria puede ser recta o curva, y si es curva hay que tener en cuenta el sentido.

No vamos a hacer este programa para no liarnos con las circunferencias y sus centros, esto lo veremos con detalle en los capítulos de funciones de interpolación circular.

Definición del eje Z.



Como ya hemos comentado en capítulos anteriores, para definir una pieza con volumen hacen falta tres medidas, el largo (eje "Y"), el ancho (eje "X") y el alto o profundidad, mirando desde arriba (eje "Z").

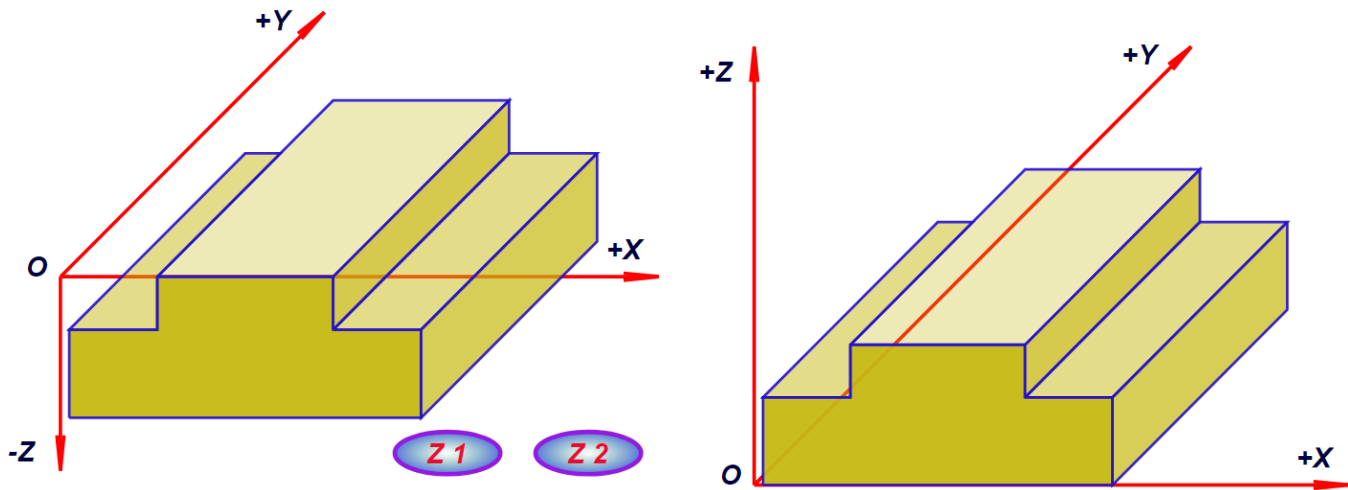
Los tres ejes serán dispuestos de forma que el ángulo que los separe a uno de otro sea de 90°, es decir, un "ángulo recto", como si de una esquina de una habitación cuadrada se tratara, y podrán ser nombrados "X", "Y", "Z", como nos convenga para el dibujo o representación.

Observar que para poder dibujar una pieza con sus tres dimensiones o medidas en un papel, que solo tiene dos, tenemos que recurrir a la "perspectiva", obteniendo así un efecto 3D.

Esto se puede hacer dando una inclinación a uno de los ejes (en éste caso al "Z"), y tomando las medidas siempre paralelas a alguno de ellos. Así por ejemplo, la medida en el eje "Z" de la profundidad de esta pieza en concreto será la que hay entre los puntos O y O'.

Sin embargo, a pesar de que la medida seguirá siendo la misma, las cotas de los puntos O y O' variarán dependiendo de dónde situemos el origen del sistema de coordenadas, se puede comprobar accionando los botones "Z_1" y "Z_2".

Como hemos dicho que los ejes de coordenadas sirven de referencia y se pueden situar donde más nos convenga, vamos a analizar el siguiente dibujo que es más apropiado para el mecanizado con fresadora, puesto que el eje "Z" es precisamente la profundidad cuando se mecaniza en vertical.



Ahora nos podemos hacer una idea más aproximada de la importancia de situar el origen de coordenadas en un punto en el cual se nos haga más fácil acotar el dibujo o plano, ya que sabemos que el sistema de coordenadas es algo arbitrario, y que podemos situarlo a nuestro capricho.

Además como ya hemos comentado en otros capítulos, al ser la programación CNC de tipo secuencial, es decir, que cada bloque o paso depende del anterior, esto nos permite reubicar o cambiar de sitio el sistema de coordenadas a lo largo del programa cada vez que lo consideremos oportuno.

En el caso de la fresadora, el eje "Z", representa la profundidad del fresado cuando se mecaniza en vertical, por lo que debemos describir la pieza vista desde arriba para programar su contorno, y usar el eje "Z" para dar las distintas "alturas" del fresado.

En el caso de nuestro simulador CNC para fresadora, dado que por motivos técnicos no podemos mostrar una "perspectiva" de la pieza, veremos el contorno de la pieza, y la profundidad del fresado quedará representada por los distintos colores empleados en el mecanizado, tomando como referencia la cota del eje "Z" del último "cero pieza" programado.

CODIGOS AUXILIARES O MISCELANEOS

Números de secuencia n

Es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia, es decir, órdenes no contradictorias que se pueden dar de una sola vez a la máquina. Esta dirección va seguida normalmente de un número desde dos hasta cuatro cifras. Como ya mencionamos se identifican por la letra N, y en un torno normal se pueden dar has 9999 órdenes sucesivas (N00 hasta N9999). Si el programa no es muy largo se pueden numerar de 10 en 10, por si es necesario introducir alguna orden complementaria no prevista, así tendremos N10, N20, N30, etc.

Programación de cotas x, z

Se entiende por programación de cotas la concreción en el programa de los recorridos que tienen que realizar las herramientas para conformar el perfil de la pieza de acuerdo con el plano de la misma. La programación de dichas cotas se puede hacer mediante coordenadas en forma absoluta o relativa es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente (X y Z) o bien en coordenadas polares.

Para hacer una programación correcta de las cotas hay que conocer bien los excedentes de material que hay que remover, para determinar el número de pasadas que hay que realizar así como la rugosidad superficial que deben tener los acabados mecanizados, así como la forma de sujetar la pieza en la máquina y la rigidez que tenga.

Funciones auxiliares m

Funciones misceláneas que se requieren para el maquinado de piezas y funcionamiento de la máquina, (Arranque y paro del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, paro de programa, etc.) pero no son de movimiento de la máquina.

Funciones preparatorias g

Bajo la letra G se agrupan una gran variedad de funciones que permiten al torno realizar las tareas adecuadas y necesarias para su trabajo. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, avances, avances radiales, pausas, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Hay cuatro tipos básicos de funciones preparatorias:

- Funciones de movilidad
- Funciones tecnológicas
- Funciones de conversión
- Funciones de mecanizado especiales
 - **Funciones de movilidad**

Las funciones de movilidad más importantes son las siguientes:

G00. Desplazamiento rápido. Indica el desplazamiento más rápido posible del carro portaherramientas, desde el punto de referencia al punto donde inicia el trabajo cada herramienta. Actúa al inicio del programa, cada vez que se produce un cambio de herramienta, y al final del programa en el retorno al punto de referencia.

G01. Interpolación lineal. Indica que la herramienta se está desplazando al avance de trabajo programado, permitiendo las operaciones clásicas de cilindrado y refrentado así como el mecanizado de conos.

G02. Interpolación circular a derechas. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas o radiales.

G03. Interpolación circular a izquierdas. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas vacías, o radios a izquierdas.

Hay otras funciones de movilidad G, menos importantes y que están en función del equipo que se instale en la máquina, las cuales mencionaremos más adelante en una tabla.

- **Funciones tecnológicas**

Las funciones tecnológicas son las que se refieren a la forma de programar la velocidad del cabezal y el avance de trabajo. La velocidad de rotación del cabezal se puede programar a las revoluciones por minuto que se desee, para lo cual se antepone la función G97, o se puede programar para que gire a una velocidad de corte constante en m/min. En tal caso se indica con la función G96. Igual sucede con el avance de trabajo, si se desea programar el avance en mm/rev, se antepone la función G95 y si se desea trabajar en mm/min se antepone la función G94.

- **Funciones de conversión**

La función más importante de este grupo es la que corresponde al traslado de origen para situar el cero pieza que se realiza mediante la función G59. también existen funciones si el acotado está en pulgadas o en milímetros. Si bien ya tiene preestablecida la que se va a usar normalmente. Otro caso de conversión es si se programa con cotas absolutas o cotas incrementales.

- **Funciones de mecanizados especiales**

La más popular de estas funciones es la que corresponde a un ciclo de roscado representada por la función G33. Otras funciones de este tipo son las de refrentados, taladrados, roscado con macho, escariado, etc.

- **Funciones modales**

En los programas de CNC, existen funciones que, una vez programadas, permanecen activas hasta que se programa una función contraria, o el programa se termina. Estas funciones son las llamadas funciones modales. En un bloque se pueden programar tantas funciones como se desee, siempre que no sean incompatibles entre ellas. Por ejemplo no se pueden programar en un bloque las funciones G00 y G01

Otro ejemplo la función de giro de coordenadas **G73** estará activa una vez que se llame hasta que se vuelva a llamar, es decir, hasta que se programe otra vez G73:

N 50 G73 A-90	Activa giro de coordenadas 90° hacia la derecha.
N 60 G25 N20.60.3	Ejecuta un ciclo entre N 20 y N 60 tres veces. (Cada ciclo gira otros 90°)
N 70 G73	Anula el giro de coordenadas, volviendo a la posición inicial.

En este otro ejemplo veremos cómo se anula la función de designación de cotas absolutas G90 con tan solo indicar que vamos a trabajar en cotas incrementales G91:

N 20 G00 X0 Y0 Z1	Posicionamiento herramienta (G90 por defecto).
N 30 G91	Establecemos cotas incrementales.
N 40 G01 X60 Y0 Z-3	Mecanizamos en cotas incrementales.

- **Programación de la herramienta t**

Los tornos de control numérico tienen un tambor frontal donde pueden ir alojados un número variable de herramientas generalmente de 4 a 20 herramientas diferentes. Las herramientas se programan con una letra T seguida del número que ocupa en el tambor, por ejemplo T2, la letra T, es la inicial de esta palabra en inglés (tool). Como cada herramienta tiene una longitud diferente y un radio en la punta de corte también diferente es necesario introducir en el programa los valores correctores de cada herramienta, para que el programa pueda desarrollarse con normalidad.

Aparte de la longitud de la herramienta existen unas funciones G para introducir una corrección de acuerdo al valor que tenga el radio de la herramienta en la punta de corte. La compensación del radio de la herramienta tiene una gran importancia en el mecanizado, especialmente en piezas que contengan perfiles irregulares. Las placas de herramientas de torno tienen siempre puntas redondeadas, de esta forma son más rígidas. Cuanto menor es el radio de la punta mayor tendencia presenta a astillarse.

- **Factores tecnológicos f-s**

Los factores tecnológicos que hay que tener a la hora de elaborar un programa son los siguientes:

- Material de la pieza a mecanizar.
- Tolerancia de cotas y calidad superficial del mecanizado.
- Estructura de la pieza a mecanizar.

Estos factores son los que van a determinar entre otras cosas los siguientes elementos.

- **Velocidad de corte**

La velocidad de corte se programa mediante la letra S, inicial de la palabra inglesa (speed) que significa velocidad, y una cifra que puede referirse a un valor constante de velocidad de corte que queremos mantener en todo el mecanizado o a una cifra que corresponde a las revoluciones por minuto del cabezal de acuerdo con la velocidad de corte que se funcione y el diámetro de la pieza que se esté torneando. La elección de un sistema de programa u otro se realiza mediante la función G que corresponda.

- **Profundidad de pasada**

Este concepto viene determinado por la cantidad de viruta que se tenga que remover y del grado superficial que se tenga que obtener y de la tolerancia de mecanizado del plano.

- **Avance de trabajo**

El avance de trabajo de la herramienta se representa por la letra F inicial de la palabra inglesa (Feed) que significa avance, seguida de una cifra que puede referirse al avance de la herramienta expresado en mm/rev o en mm/min. En el torneado lo más común es programar el avance expresado en mm/rev. La elección de un sistema de programa u otro se realiza con la función G que corresponda.

- **Refrigerante**

En muchos mecanizados es necesario refrigerar la zona donde está actuando la herramienta, esta función se programa mediante una función auxiliar M.

- **Fijación de la pieza**

En el cabezal en las máquinas de control numérico es muy importante asegurarse que la fijación de la pieza sea lo suficientemente rígida como para poder soportar las tensiones del mecanizado, asimismo se debe prever un sistema rápido y seguro de anclaje de la pieza para eliminar tiempos muertos inactivos de la máquina.

- **Apagar el sistema**

Contiene todos los códigos G's y M's que desactivan todas las opciones que fueron activadas en la fase de inicio.

Funciones como el refrigerante y la velocidad del husillo deberán ser desactivadas antes de remover la pieza de la máquina.

N45 M05 Apagar el husillo

N50 M30 Fin del programa

- **Restricciones en los bloques**

- Deben contener únicamente un solo movimiento de herramienta
- Debe contener únicamente una velocidad de corte
- Debe contener únicamente una herramienta o velocidad del husillo
- El número del bloque debe ser secuencial

- **Remoción del material**

Contiene las velocidades y movimientos de corte, circulares, lineales, movimientos rápidos, ciclos de corte, etc.

N20 G00 X1 Y1	Mov. rápido a (X1,Y1)
N25 Z0.125	Mov. rápido a Z0.125
N30 G01 Z-0.125 F 5	Avance a Z-0.125 a 5ipm
N35 G00 Z1	Mov. rápido a Z1
N40 X0 Y0	Mov. rápido a X0,Y0

- **Fases de un programa**

INICIO

Contiene todas las instrucciones que preparan a la máquina para su operación:

%	Bandera de inicio
: 1001	Número de programa 0-9999
N5 G90 G20	Unidades absolutas, programación en pulgadas.
N10 T0202	Paro para cambio de herramienta, Usar #2
N15 M03 S1200	Prender husillo a 1200 rpm CW

- **Restricciones en los bloques**

- Deben contener únicamente un solo movimiento de herramienta

- Debe contener únicamente una velocidad de corte
- Debe contener únicamente una herramienta o velocidad del husillo
- El número del bloque debe ser secuencial

FUNCIONES PREPARATORIAS G (modo y forma de realizar trayectorias)

- G00** Movimiento Rápido Sin Corte
- G01** Movimiento lineal con corte (alimentación de corte) (avance F)
- G02** interpolación circular (sentido horario)
- G03** Interpolación circular (sentido anti horario)
- G04** Detención momentánea (temporizada)
- G09** Detención exacta
- G10** Fijación de datos
- G11** Cancelar modo de fijación de datos
- G17** Selección del plano XY (fresadora)
- G18** Selección del plano ZX (torno)
- G19** Selección del plano YZ
- G20** Entrada de cotas en pulgadas (sistema ingles)
- G21** Entrada de cotas en milímetros (sistema métrico decimal)
- G27** Verificación de retorno al punto de referencia
- G28** Regresar al punto de referencia (HOME)
- G29** Regresar del punto de referencia
- G30** Regresar al segundo punto de referencia
- G31** Ignorar función
- G33** Cortar rosca
- G39** Interpolación circular de corte de esquina
- G40** Cancelar compensación del cortador
- G41** Compensación izquierda del cortador
- G42** Compensación derecha del cortador
- G43** Compensación del largo de herramienta + Dirección
- G44** Compensación del largo de herramienta - Dirección
- G49** Cancelar compensación de largo de herramienta
- G50** Cancelar escalación
- G51** Escalación
- G54** Sistema de coordenadas de trabajo 1, selección
- G55** Sistema de coordenadas de trabajo 2, selección
- G56** Sistema de coordenadas de trabajo 3, selección
- G57** Sistema de coordenadas de trabajo 4, selección
- G58** Sistema de coordenadas de trabajo 5, selección
- G59** Sistema de coordenadas de trabajo 6, selección
- G60** Posicionamiento en una dirección
- G61** Modo de detención exacta
- G62** Dominio de esquina automático
- G63** Modo de manipulación
- G64** Modo de corte
- G65** Llamada a macro, comando macro
- G90** Comando absoluto
- G94** Alimentación por minuto
- G95** Alimentación por revolución

Lista de ciclos fijos para fresadora:

- SI G77: Acoplamiento del 4º eje "W" ó del 5º eje "V" con su asociado.
- SI G78: Anulación de G77.
- SI G79: Ciclo fijo definido por el usuario.
- SI G80: Anulación ciclos fijos.
- SI G81: Ciclo fijo de taladrado.
- SI G82: Ciclo fijo de taladrado con temporización.
- SI G83: Ciclo fijo de taladrado profundo.
- SI G84: Ciclo fijo de roscado con macho.
- SI G85: Ciclo fijo de escariado.
- SI G86: Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G00.
- SI G87: Cajera rectangular.
- SI G88: Cajera redonda.
- SI G89: Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G01.

FUNCIONES AUXILIARES M (modo de funcionamiento de la máquina - herramienta)

- M03** Giro en sentido horario del husillo
- M04** Giro en sentido anti-horario del husillo
- M05** Parar el husillo
- M06** Cambio automático de herramienta
- M07** Enfriador "B" conectado (refrigerante)
- M08** Enfriador "A" conectado (refrigerante)
- M09** Desconectar enfriador (refrigerante)
- M30** Reiniciar el programa.

ESTRUCTURA BASICA DE UN PROGRAMA EN CNC

Procedimiento de programación

1. Desarrollar un orden de operaciones.

Planear las secuencias de principio a fin antes de escribir el programa

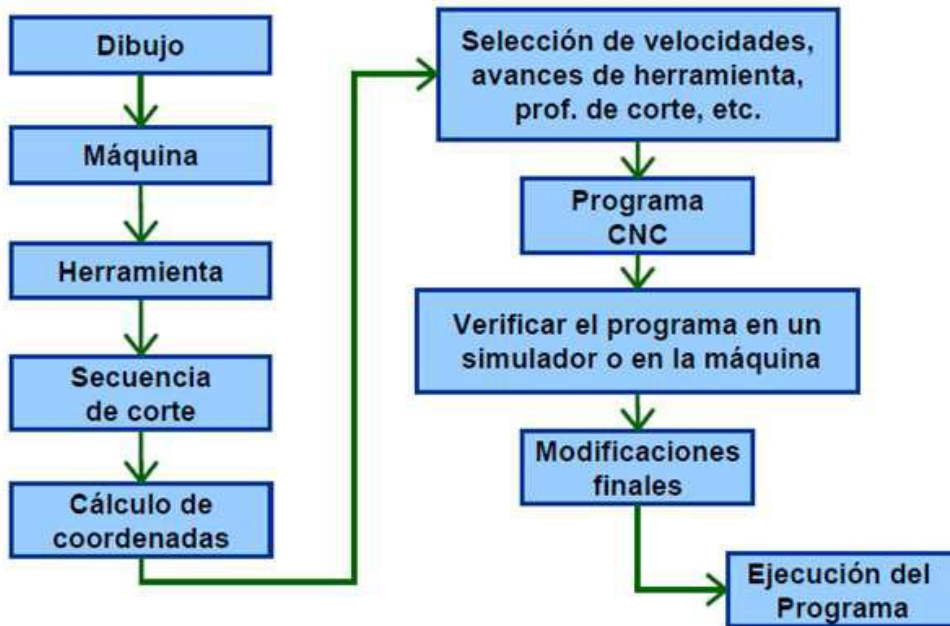
2. Hacer los cálculos necesarios (cálculo de coordenadas).

Indicar las coordenadas sobre el dibujo o utilizar hojas de coordenadas

3. Elegir la herramienta y velocidades de corte.

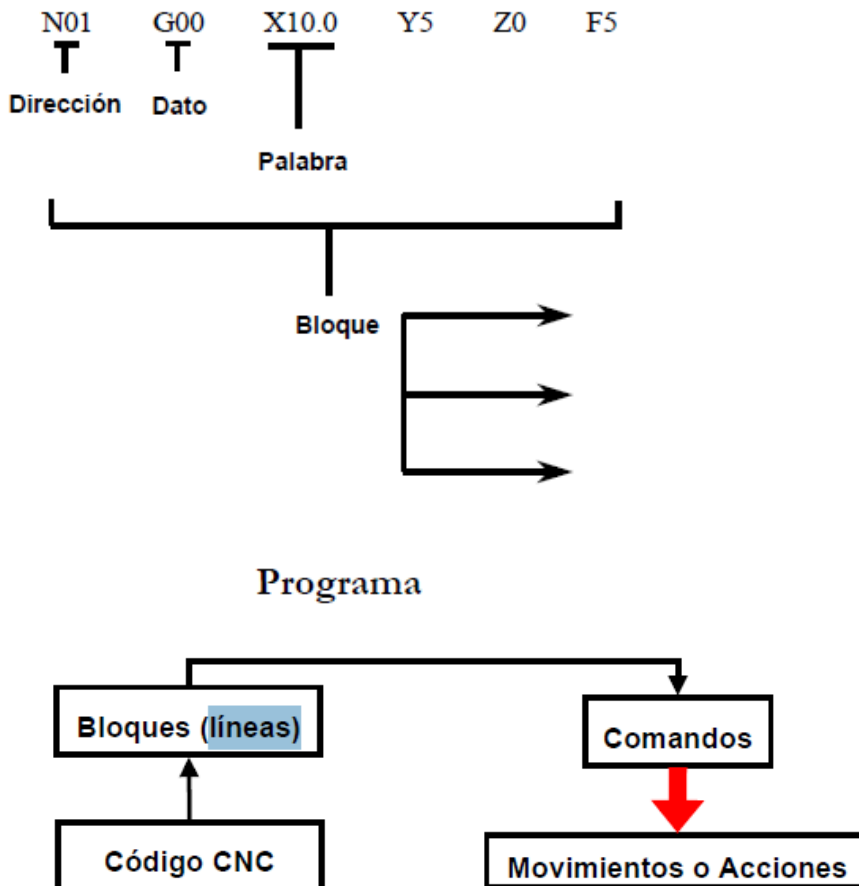
Asegurarse de las herramientas que se encuentran disponibles

Flujo del procesamiento de CNC



Un programa es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de CNC.

A las instrucciones se les conoce como CODIGO de CNC, las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza.



Fases de un Programa

Inicio

Contiene todas las instrucciones que preparan a la máquina para su operación:

%	Bandera de inicio
: 1001	Número de programa 0-9999
N5 G90 G20	Unidades absolutas, programación en pulgadas.
N10 T0202	Paro para cambio de herramienta, Usar #2
N15 M03 S1200	Prender husillo a 1200 rpm CW

Remoción de material

Contiene las velocidades y movimientos de corte, circulares, lineales, movimientos rápidos, ciclos de corte, etc.

N20 G00 X1 Y1	Mov. rápido a (X1,Y1)
N25 Z0.125	Mov. rápido a Z0.125
N30 G01 Z-0.125 F 5	Avance a Z-0.125 a 5ipm
N35 G00 Z1	Mov. rápido a Z1
N40 X0 Y0	Mov. rápido a X0,Y0

Apagar el Sistema

Contiene todos los códigos G's y M's que desactivan todas las opciones que fueron activadas en la fase de inicio. Funciones como el refrigerante y la velocidad del husillo deberán ser desactivadas antes de remover la pieza de la máquina.

N45 M05	Apagar el husillo
N50 M30	Fin del programa

Comandos Modales

Algunos comandos G's permanecen activos una vez que se ejecutan hasta que se sobrescribe en ellos un código G diferente.

Ejemplo:

Tamaño de la pieza:	Z-15 Diam 15
Herramienta:	#3,3/8 end mill
Inicio de la herramienta:	X0, Y0, Z1
%	(Bandera de inicio de programa)
: 1002	(Programa #1002)
N5 G90 G20	(Bloque #5, Absolutas en pulgadas)

N10 T0303	(Cambiar a la herramienta #3)
N15 M03 S1250	(Prender husillo a 1250rpm CW)
N20 M05	(Apagar husillo)
N25 M30	(Fin de programa)

Sintaxis del lenguaje ISO.

Para procesar un programa o bien una serie de órdenes en cualquier dispositivo electrónico programable, incluidos los controles CNC, es necesario conocer las órdenes que puede admitir, así como la forma de escribirlas.

Muchos de esos dispositivos, incluido el control CNC, son "case sensitivos", lo que quiere decir que distinguen entre letras mayúsculas y minúsculas... no es lo mismo "n" que "N" por ejemplo.

En nuestro caso, también es importante tener mucho cuidado con los espacios vacíos... no dejando ninguno al principio de cada bloque de programación, dejando solo uno allí donde sea necesario como por ejemplo entre el número de bloque "N20" y las distintas funciones "G54", "G01"...ó entre las cotas de los distintos ejes "X34 Y120 Z-8"... pero nunca entre los valores "X 23", esto estaría mal y nos conduciría a un error en el procesamiento.

Cuando queremos expresar un valor numérico decimal ejemplo "367.2345", debemos separar la parte entera de la parte decimal con un punto ".", y no con una coma ",".

Tampoco debemos escribir más de un bloque en cada línea, validándolos uno a uno y escribiendo solo uno en cada línea.

Algunas funciones como por ejemplo "G90", "G91" "G5"... pueden ir en el mismo bloque que las instrucciones de mecanizado... "G91 G1 X45 Y23 Z-1" está bien y no da problemas al procesar... Sin embargo es muy importante confeccionar los programas de manera que también sean fácilmente legibles para nosotros, con el objeto de poder repararlos con un simple vistazo para poder proceder a modificar lo que sea necesario.

Por ello es aconsejable usar una línea para cada bloque de programación.

A pesar de que muchas funciones son del tipo "modal", lo que quiere decir que se mantienen hasta que se programa otra función... en el caso de nuestro simulador CNC para fresadora es necesario volver a escribirlas en cada bloque, pues de otro modo nos daría error al procesar.

Ejemplo:

```
G91
G1 Z-4
G1 X300 Y200
G1 X0 Y45
```

Algunos errores de sintaxis producen un aviso o warning, pero no todos... procure poner la máxima atención en la sintaxis, de lo contrario obtendrá procesamientos nulos o erróneos.

Cero máquinas

Como hemos podido observar en otros capítulos, la programación CNC es prácticamente una programación de tipo gráfico, es decir, que lo que vamos a hacer es describir con las instrucciones "ISO" el dibujo de la "planta", (plano visto desde arriba), de la pieza que deseamos mecanizar

indicando a su vez las distintas profundidades de la pasada de la herramienta, (eje "Z").

También hemos visto que se trata de una programación del tipo secuencial, lo que quiere decir que la próxima secuencia, (bloque de programación), depende de la que estamos ahora.

Pero... cuando arranca la máquina... ¿en qué punto determinado se encuentra...?

La respuesta correcta no se sabe, puesto que en el momento del arranque todo dependerá del punto en el que la hayamos "apagado" el día anterior.

Para poder iniciar la sesión, hace falta una referencia para que a partir de ahí cualquier cota tenga sentido.

Por eso lo primero que hace es moverse en todos sus ejes hasta que encuentra un punto determinado, gracias a los "sensores" que el fabricante ha situado mecánicamente en algún punto concreto e inamovible.

Ese es el "cero máquina", es decir, es el origen de coordenadas, ("X0", "Y0", "Z0"), de la máquina, lo que significa que ya tiene un punto de referencia, que normalmente será alguna de las "esquinas" a donde pueda llegar. A partir de aquí el desplazamiento hasta cualquier cota que esté en su rango de desplazamiento es perfectamente posible.

Pero a nosotros esto nos sirve de poco, puesto que si atamos un tocho de material con unas mordazas en los carriles dispuestos para tal efecto, no podemos tener nuestro sistema de coordenadas con referencia al cero máquina, puesto que sería una locura, dado que tendríamos que confeccionar un programa "a medida" para cada pieza que quisiéramos mecanizar.

Sin embargo, la referencia para la máquina ya está tomada y cuando nosotros situemos el sistema de coordenadas que va a servirnos para acotar nuestra pieza, "cero pieza", el CNC no hará otra cosa más que en cada momento efectuar los cálculos necesarios para desplazar su referencia o "cero máquina" hasta la que realmente interesa en el programa, que es el "cero pieza".

En nuestro caso en el "simulador CNC para fresadora" no tendremos esto en cuenta, a pesar de que en las máquinas reales sea así.

Cero piezas.

Para situar este cero pieza se utilizan las funciones "G53", "G54", "G55", "G56", "G57", "G58" y "G59", indicando seguido las cotas en los ejes X, Y, Z, siempre referidas al cero máquina, como por ejemplo:

G56 X200 Y145 Z12 para "cotas absolutas",(G90).

G54 I150 J230 K25 para "cotas incrementales",(G91).

En las máquinas, se puede introducir directamente desde la consola de mandos, o también desde el programa.

Además se pueden programar todas las funciones de traslado de origen, (G53,...,G59), que quedarán guardadas en la "tabla de decalage", y luego durante el programa basta con tan solo nombrarlas para que carguen los valores almacenados.

El cero pieza es el origen de coordenadas que utilizaremos como referencia para acotar los puntos de nuestro programa, por eso lo situaremos donde mejor nos convenga, y podremos cambiarlo a lo largo de nuestro programa todas las veces que lo consideremos oportuno.

El CNC tomará como referencia el último traslado de origen de coordenadas, cero piezas, que se haya programado para efectuar sus cálculos en las siguientes operaciones.

En el simulador CNC para fresadora el "cero máquina" que viene establecido se corresponde con la esquina inferior izquierda del cuadrado de color gris que aparece al procesar el programa, que representa el tocho de material que disponemos para hacer nuestra pieza o dibujo.

Las dimensiones del tocho o pieza son de 700 unidades para el eje X, 500 unidades para el eje Y, siendo la Z arbitraria, no obstante, como se representa con distintos colores, tendremos 50 unidades o colores desde el cero pieza Z establecido y la profundidad del mecanizado.

CICLOS ENLATADOS DE TRABAJO

Programación de ciclos de mecanizado.

Cuando hablamos de ciclos nos referimos a la repetición de determinadas secuencias del programa que por sí solas constituyen un patrón de mecanizado que se repite en varias ocasiones a lo largo de la pieza.

Para que el programa sea más sencillo de confeccionar, de entender y de mantener, el programador puede emplear este recurso.

Existen otras formas de conseguirlo, pero en este capítulo vamos a centrarnos en las más simples y utilizadas, que son el salto incondicional "G25", y la subrutina estándar "G20, G22, G24".

Con el salto incondicional podemos repetir las secuencias de mecanizado elegidas, repitiendo tantas veces como queramos, teniendo en cuenta que:

- Repetimos uno o varios bloques de programación escritos en el programa, G25 N20.70
- Repetirlas significa que ya se habían procesado al menos una vez, cuando se ejecutan los bloques.
- Se habían procesado porque se programaron en éste programa antes de poder repetirlas.

Utilizando la subrutina estándar también podemos repetir las veces que queramos, pero las diferencias son:

- Una subrutina estándar se comporta como un programa, y tiene su número de identificación que puede ser de máximo tres dígitos, es decir desde el N000 hasta el N999.
- No se ejecuta hasta que no sea llamada directamente por su número, G20 N345
- Se guarda en la memoria del control, pudiendo ejecutarse en cualquier programa.

Por ello, si esa secuencia de mecanizado se ha de repetir en otras piezas, lo más interesante puede ser utilizar subrutinas, mientras que si esa secuencia se repite solo en una pieza usaremos el salto incondicional.

Pulsando en el botón "ciclo1" de la ilustración podremos ver un ciclo de mecanizado en profundidad efectuando varias veces el mismo recorrido pero aumentando la profundidad en cada pasada.

Pulsando el botón "ciclo2" veremos un mecanizado múltiple a la misma profundidad, repitiendo varias veces el mismo patrón de mecanizado en otras cotas.

NOTAS

1. Un patrón de mecanizado que vamos a usar con regularidad en varias piezas, puede ser interesante recogerlo en una subrutina standard.

De esta forma quedará en la memoria de la máquina y podrá ser usada desde cualquier programa.

Las instrucciones para las subrutinas son G22, G24, G20.

2. Muchas instrucciones G, pueden tener distintos funcionamientos en otras máquinas dependiendo de los parámetros globales que tenga activados el control numérico.

Por eso lo verdaderamente importante es afianzar bien los conceptos así como el funcionamiento básico de los procesos.

3. Un patrón de mecanizado que se vaya a usar en varias ocasiones en distinto lugar de la pieza, o en distintas piezas, tal es el caso de las subrutinas, es importante que esté programado en cotas incrementales, G91.

4. Un patrón de mecanizado que vamos a usar con regularidad en varias piezas, puede ser interesante recogerlo en una subrutina standard.

De esta forma quedará en la memoria de la máquina y podrá ser usada desde cualquier programa.

Las instrucciones para las subrutinas son G22, G24, G20.

5. Para que puedas practicar ponemos a tu disposición un simulador básico que te servirá para entrenarte con las cotas de los planos y con las instrucciones de movimiento de la máquina.

FRESA

Ejemplos:

1. Las siguientes líneas ordenan a una fresadora de CNC que ejecute en la línea de código 100 un corte relativo al origen con un avance de 20 in./min a lo largo del eje X 1.25 in. y del eje Y 1.75 in.

```
N95 G90 G20  
N100 G01 X1.25 Y1.75 F20
```

2. Mecanizado de rectas y curvas con G90 y G91.

```
P 2345  
N 10 G53 X0 Y0 Z0  
N 20 G0 X100 Y300 Z1  
N 30 G1 Z-3  
N 40 G1 X300
```

```
N 50 G2 X500 Y300 I100 J0
N 60 G1 Z-5
N 70 G02 X500 Y200 R-100
N 80 G91
N 90 G1 Z-2
N 100 G02 X-200 Y0 I-100 J0
N 110 G1 X-200
N 120 G0 Z1
N 130 M30
```

En este ejemplo situamos el cero pieza en el punto X0 Y0 Z0, o sea que estará situado en la esquina inferior izquierda del rectángulo gris (tocho a mecanizar), y la Z0 se supone que está situado en la superficie del tocho o pieza.

Con G0 X100 Y300 Z1 enviamos sin mecanizar, puesto que el valor de Z está por encima de la superficie de la pieza, hasta el punto X100 Y300.

Con G1 Z-3 como estamos en G90 por defecto, profundizamos 3 mm en la pieza.

Mecanizamos una recta hasta X300 con G1 X300 y seguido una curva (programando el centro con I J) hasta el punto X500 Y300 con la misma profundidad Z-3.

Luego profundizamos el mecanizado con G1 Z-5 y mecanizamos otra curva hasta X500 Y200 programando el radio con R, puesto que en este caso no conozco el centro, pero si el radio R, que tiene valor negativo para obtener el arco mas grande que pueda definirse pasando por los puntos de inicio y final con el radio de 100.

Seguido con G91 indicamos al control que a partir de ahora trabajaremos en el sistema de cotas incrementales, es decir que programaremos las cotas de los puntos con referencia a la cota del punto anterior.

Con G1 Z-2 indicamos al control que queremos profundizar 2 más, o sea que profundizamos a -7, puesto que la anterior Z está situada en -5.

Luego mecanizamos un arco cuyo final se encuentra desplazando -200 en el eje X manteniendo la cota del eje Y.

Seguido mecanizamos una recta desplazando -200 en el eje X y manteniendo la cota en el eje Y desde el final del arco anterior

Finalmente levantamos la herramienta con G0 Z1 y finalizamos el programa con M30.

Los distintos colores del mecanizado indican los distintos valores de Z, es decir las distintas profundidades del mecanizado.

3. Giro de coordenadas (G73) con ciclos (G25).

```
P 698
N 10 G53 X300 Y250 Z0
N 20 G0 X0 Y0 Z1
N 30 G1 Z-4
N 40 G02 X0 Y200 I0 J100
```

```
N 50 G02 X0 Y100 I0 J-50
N 60 G03 X0 Y0 I0 J-50
N 70 G73 A-120
N 80 G25 N40.70.2
N 90 G73
N 100 G0 Z5
N 110 M30
```

En este ejemplo situamos el cero pieza en el punto X300 Y250 Z0, o sea que estará situado cerca del centro del rectángulo gris (tocho a mecanizar), y la Z0 se supone que está situado en la superficie del tocho o pieza.

Con G0 X0 Y0 Z1 enviamos sin mecanizar, puesto que el valor de Z está por encima de la superficie de la pieza, hasta el punto X0 Y0 de nuestro cero pieza que como hemos mencionado se encuentra cerca del centro del tocho.

Con G1 Z-4 como estamos en G90 por defecto, profundizamos 4 mm en la pieza.

Mecanizamos un arco de media circunferencia con G02 (sentido horario) hasta el punto X0 Y200, programando su centro con I0 J100, lo que se corresponde a un radio de 100.

Luego mecanizamos otro arco hasta el punto X0 Y100 en sentido horario G02 que también es media circunferencia pero esta vez su radio será la mitad (50), cuyo centro se encuentra sin desplazamiento en el eje X (I0) y desplazado en el eje Y (J-50) con valor negativo, a recordar que I y J son siempre cotas incrementales a pesar de trabajar en absolutas (G90).

Finalmente mecanizamos otro arco hasta el punto X0 Y0 ó cero piezas en sentido anti horario (G03) que también es media circunferencia ó 180°, su radio es de 50 y es programado con centro I0 J-50.

Este es nuestro patrón de mecanizado, y ahora vamos a repetirlo girando los ejes de coordenadas.

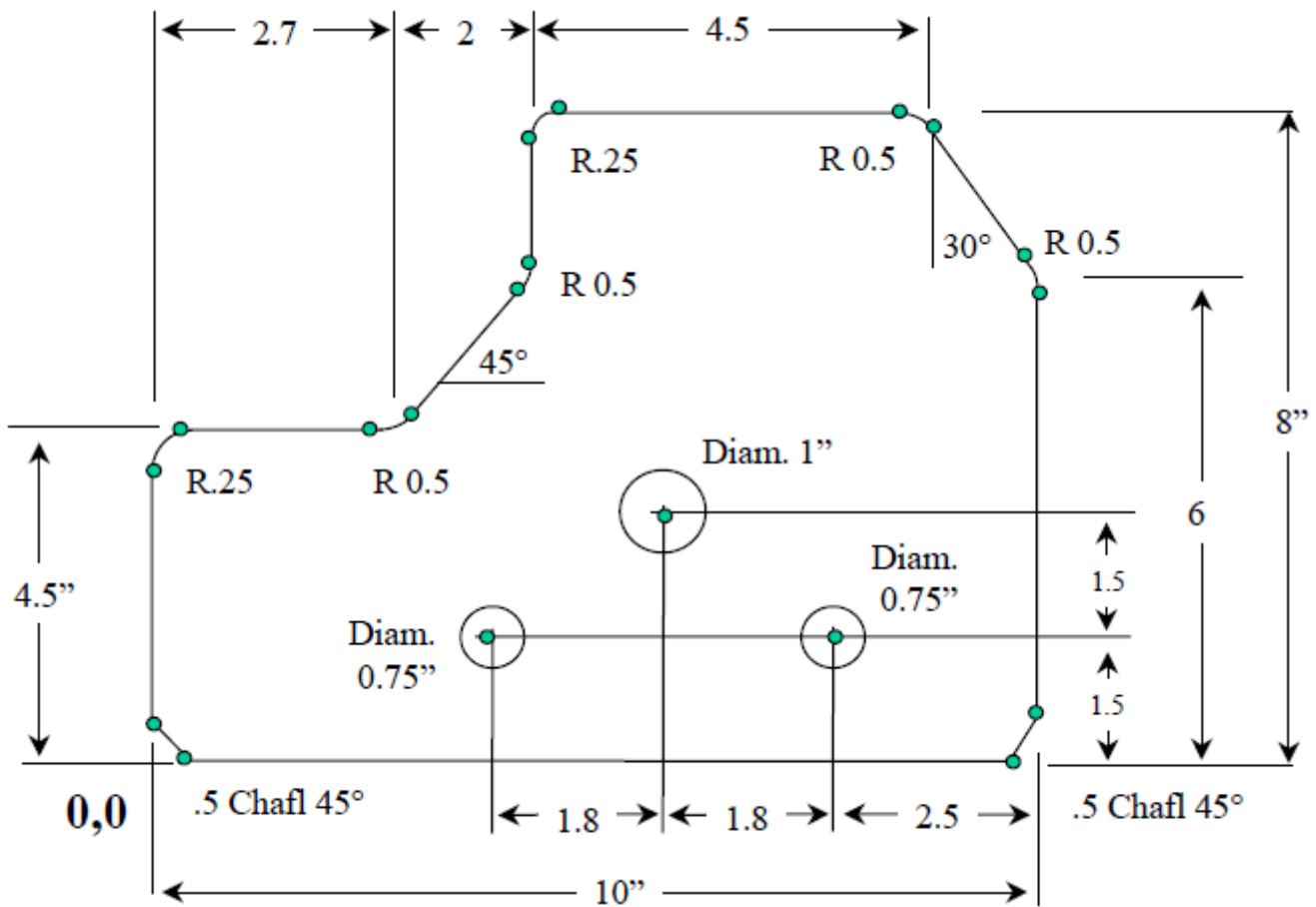
Como la circunferencia tiene 360° girando las coordenadas en 120° obtendremos tres mecanizados, lo que conseguimos con el G73 A-120, que el signo negativo es para que el giro de coordenadas sea en sentido horario.

Con G25 N40.70.2 repetimos dos veces el patrón de mecanizado estando la primera girada 120° en sentido horario por el bloque G73 A-120, y girando los otros 120° con la misma instrucción al ser incluida en el patrón.

Recordar que la función G73 es modal.

La desactivamos al volver a llamarla G73, elevamos la herramienta con G0 Z5 y cerramos el programa con M30.

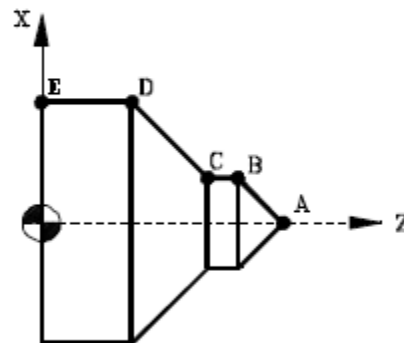
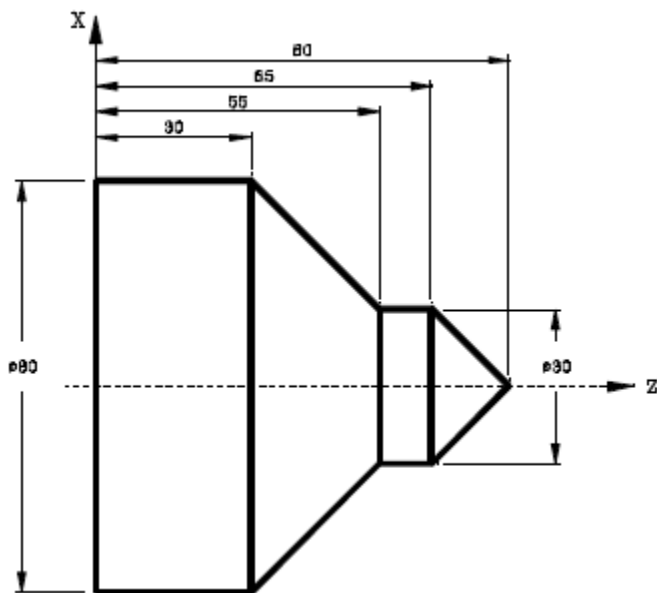
Ejercicio



TORNO

Ejemplos:

1. Programación en cotas absolutas (G90) e incrementales (G91).



Programación en radios

Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4 M41
G0 X50 Z100
G1 X0 Z80 ..... Punto A
G1 X15 Z65 ..... Tramo A-B
Z55 ..... Tramo B-C
X40 Z30 ..... Tramo C-D
Z0 ..... Tramo D-E
G0 X50 Z100
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4 M41
G0 X50 Z100
G1 X0 Z80 ..... Punto A
G1 G91 X15 Z-15 ..... Tramo A-B
Z-10 ..... Tramo B-C
X25 Z-25 ..... Tramo C-D
Z-30 ..... Tramo D-E
G0 G90 X50 Z100
M30
```

Programación en diámetros

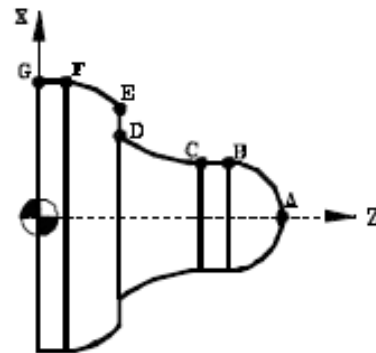
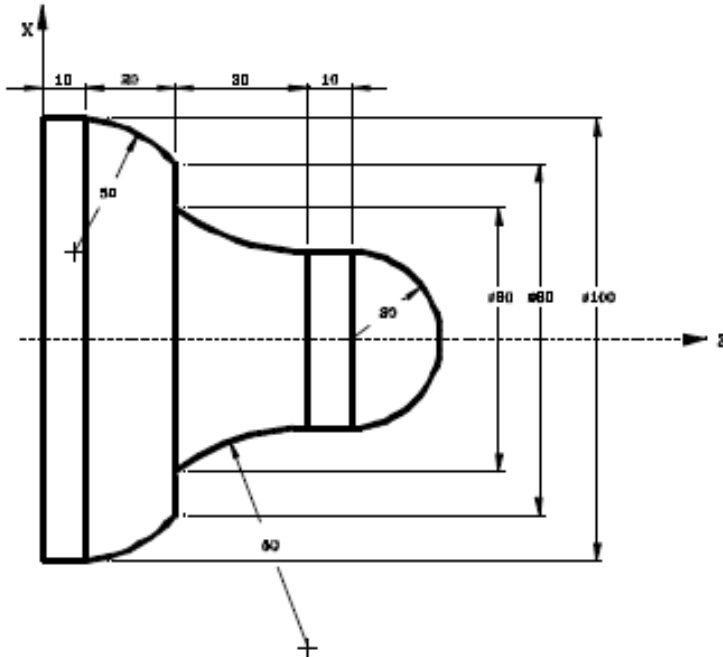
Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4 M41
G0 X100 Z100
G1 X0 Z80 ..... Punto A
G1 X30 Z65 ..... Tramo A-B
Z55 ..... Tramo B-C
X80 Z30 ..... Tramo C-D
Z0 ..... Tramo D-E
G0 X100 Z100
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4 M41
G0 X100 Z100
G1 X0 Z80 ..... Punto A
G1 G91 X30 Z-15 ..... Tramo A-B
Z-10 ..... Tramo B-C
X50 Z-25 ..... Tramo C-D
Z-30 ..... Tramo D-E
G0 G90 X100 Z100
M30
```

2. Programación de arcos (G02/G03). (Programación en radios)



Programando el centro del arco

Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X60 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G3 X20 Z70 I0 K-20 ..... Tramo A-B
G1 Z60 ..... Tramo B-C
G2 X30 Z30 I50 K0 ..... Tramo C-D
G1 X40 ..... Tramo D-E
G3 X50 Z10 I-19.9 K-22.45 .. Tramo E-F
G1 Z0 ..... Tramo F-G
G0 X60 Z120
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X60 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G91 G3 X20 Z-20 I0 K-20 ..... Tramo A-B
G1 Z-10 ..... Tramo B-C
G2 X10 Z-30 I50 K0 ..... Tramo C-D
G1 X10 ..... Tramo D-E
G3 X10 Z-20 I-19.9 K-22.45 . Tramo E-F
G1 Z-10 ..... Tramo F-G
G0 G90 X60 Z120
M30
```

Programando el radio del arco

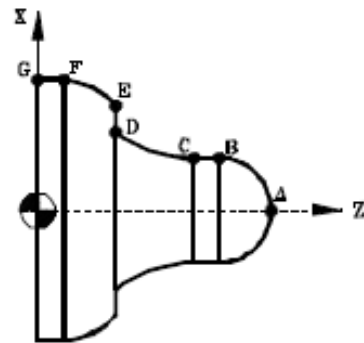
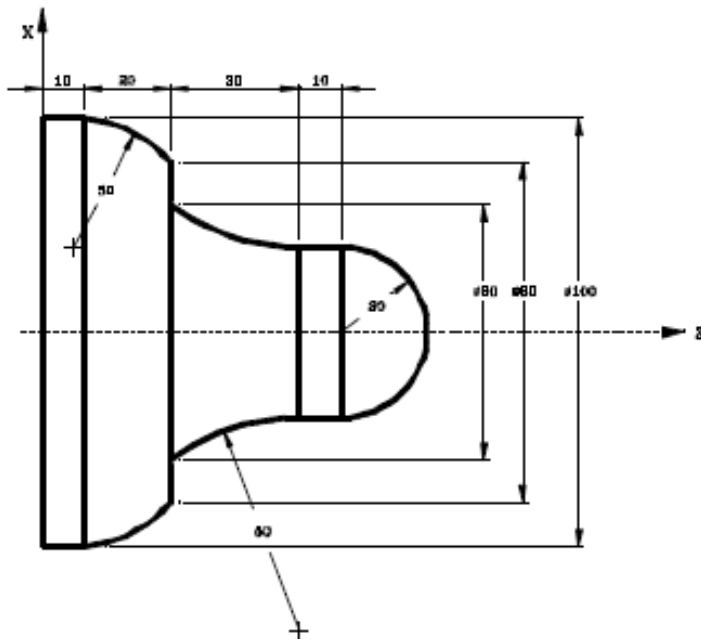
Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X60 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G3 X20 Z70 R20 ..... Tramo A-B
G1 Z60 ..... Tramo B-C
G2 X30 Z30 R50 ..... Tramo C-D
G1 X40 ..... Tramo D-E
G3 X50 Z10 R30 ..... Tramo E-F
G1 Z0 ..... Tramo F-G
G0 X60 Z120
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X60 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G91 G3 X20 Z-20 R20 ..... Tramo A-B
G1 Z-10 ..... Tramo B-C
G2 X10 Z-30 R50 ..... Tramo C-D
G1 X10 ..... Tramo D-E
G3 X10 Z-20 R30 ..... Tramo E-F
G1 Z-10 ..... Tramo F-G
G0 G90 X60 Z120
M30
```

3. Programación de arcos (G02/G03). (Programación en diámetros)



Programando el centro del arco

Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X120 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G3 X40 Z70 I0 K-20 ..... Tramo A-B
G1 Z60 ..... Tramo B-C
G2 X60 Z30 I50 K0 ..... Tramo C-D
G1 X80 ..... Tramo D-E
G3 X100 Z10 I-19.9 K-22.45 Tramo E-F
G1 Z0 ..... Tramo F-G
G0 X120 Z120
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X120 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G91 G3 X40 Z-20 I0 K-20 ..... Tramo A-B
G1 Z-10 ..... Tramo B-C
G2 X20 Z-30 I50 K0 ..... Tramo C-D
G1 X20 ..... Tramo D-E
G3 X20 Z-20 I-19.9 K-22.45 Tramo E-F
G1 Z-10 ..... Tramo F-G
G0 G90 X60 Z120
M30
```

Programando el radio del arco

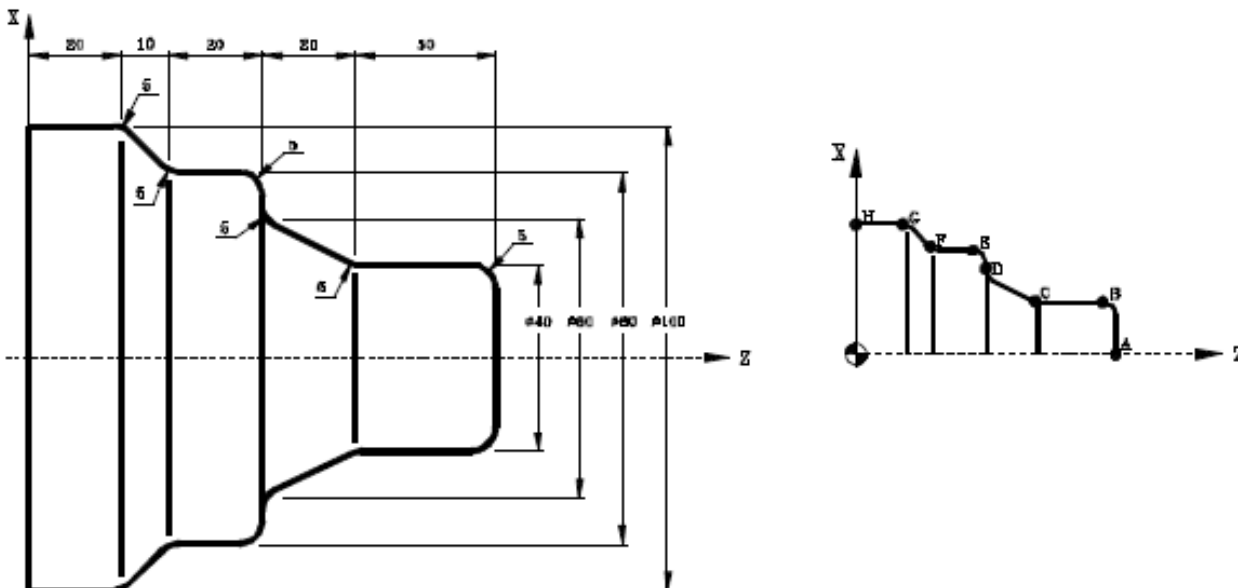
Coordenadas absolutas (G90)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X120 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G3 X40 Z70 R20 ..... Tramo A-B
G1 Z60 ..... Tramo B-C
G2 X60 Z30 R50 ..... Tramo C-D
G1 X80 ..... Tramo D-E
G3 X100 Z10 R30 ..... Tramo E-F
G1 Z0 ..... Tramo F-G
G0 X120 Z120
M30
```

Coordenadas incrementales (G91)

```
G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4
G0 X120 Z120
G1 X0 Z90 ..... Punto A
G91 G3 X40 Z-20 R20 ..... Tramo A-B
G1 Z-10 ..... Tramo B-C
G2 X20 Z-30 R50 ..... Tramo C-D
G1 X20 ..... Tramo D-E
G3 X20 Z-20 R30 ..... Tramo E-F
G1 Z-10 ..... Tramo F-G
G0 G90 X60 Z120
M30
```

4. Entrada/salida tangencial (G37/G38) y redondeo de aristas (G36) con compensación de radio (G40/G41/G42).



G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D2 M4

G0 X120 Z120

G42 X0 Comienza de la compensación de radio.

G01 G37 R4 X0 Z100 Entrada tangencial en el punto A.

G01 G36 R5 X40 Tramo A-B.

G36 R5 Z70 Tramo B-C.

G36 R5 X60 Z50 Tramo C-D.

G36 R5 X80 Tramo D-E.

G36 R5 Z30 Tramo E-F.

G36 R5 X100 Z20 Tramo F-G.

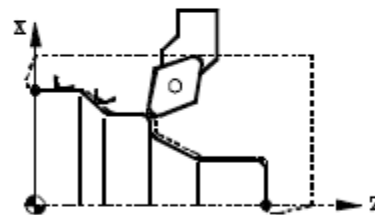
G38 R4 Z0 Tramo G-H y salida tangencial.

G0 X120

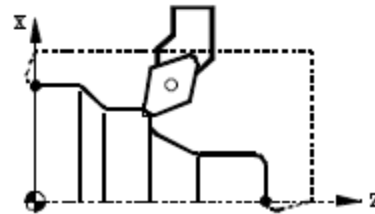
G40 Z120 Fin de la compensación de radio.

M30

Sin compensación de radio, la punta teórica de la herramienta sigue el perfil programado. El perfil programado (línea continua) no coincide con el perfil mecanizado (línea discontinua).



Con compensación de radio, el CNC recalcula la trayectoria para que el perfil mecanizado coincida con el perfil programado.



BIBLIOGRAFIA

Fundamentos de manufactura moderna

México D.F.

Prentice Hall

P. Groover Mikell.

Proceso de manufactura

México D.F.

Mc Graw Gill

A. Sckey John.

Control numérico y programación 2 (2ª edición)

Madrid

Marcombo

Cruz Teruel, Francisco

Links

http://www.jmp technological.com/manual_cnc/index.php

<http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ingenieria-mecanica-y-electrica/procesos-de-manufactura/introduccion-a-la-manufactura>

<https://es.scribd.com/doc/25868155/TEMA-1-2-INTRODUCCION-A-LA-MANUFACTURA-Y-NATURALEZA-Y-PROPIEDADES-DE-LOS-MATERIALES>