

TRABAJO PRACTICO N°1

CNC

ELECTRO- 6°1° A

PROFESOR: MARTIN BARRAZA

- 1) Leer el texto en forma comprensiva.
- 2) Acceder al siguiente link: https://www.youtube.com/watch?v=bqm_yRGQi0E
- 3) Describir el video.
- 4) Como definen en el video el tipo de máquina a utilizar?
- 5) Realizar un cuadro comparativo entre máquinas CNC y maquina convencional.
- 6) Leer y ejercitar con los datos a pie de pagina como programar un CNC en simulador que deberán descargar en su celular CNC simulador.

Control Numérico

El control numérico (CN) o control decimal numérico es un sistema de [automatización](#) de [máquinas herramienta](#) que son operadas mediante comandos [programados](#) en un [medio de almacenamiento](#), en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

Las primeras máquinas de control remoto numérico se construyeron en los años 40 y 50 por el ingeniero John T. Parsons, basadas en las máquinas existentes con motores des modificados cuyos números se relacionan manualmente siguiendo las instrucciones dadas en un microscopio de [tarjeta perforada](#).

Estos [servomecanismos](#) iniciales se desarrollaron rápidamente con los equipos analógicos y digitales. El abaratamiento y miniaturización de los [procesadores](#) ha generalizado la [electrónica digital](#) en los todos los tipos herramienta, lo que dio lugar a la denominación control decimal numérico, control numérico por computadora, control numérico por computador o control numérico computarizado (CNC), para diferenciarlas de las máquinas que no tenían [computadora](#). En la actualidad se usa el término control numérico para referirse a este tipo de sistemas, con o sin computadora.



Tecnología CNC

Introducción a la tecnología CNC

on: 28 de diciembre de 2015En: [Mecanizado33 Comentarios](#)
[Imprimir](#) [Correo Electrónico](#)

En numerosos artículos anteriores de **De Máquinas y Herramientas** hemos mencionado y descrito diversas máquinas basadas en la tecnología que emplea el **control numérico computarizado** o **CNC**, desde [centros de mecanizado](#) hasta [mesas de corte por plasma](#), por sólo citar algunos ejemplos.

En la actualidad, encontramos **máquinas CNC** en casi todas partes, que ya no solo abarcan los grandes establecimientos industriales, sino también talleres de todo tipo, tanto de pequeña como mediana envergadura. Prácticamente no existe ámbito alguno de un proceso de fabricación que no dependa de estas poderosas y versátiles máquinas.

Sin embargo, a pesar de su amplia aplicación, pocos fuera del entorno industrial están familiarizados con el fundamento de la **tecnología CNC** y desconocen su funcionamiento y utilidad. Por lo tanto, en este artículo vamos a desarrollar una breve exposición para informar y brindar algunos conceptos útiles.

Antes y después del control numérico (CNC)

La explosiva expansión industrial desde comienzos del siglo XX y el empleo masivo de maquinaria impulsada por energía motriz demandó una búsqueda constante de procesos cada vez más eficientes. Hasta hace unos 60-65 años, la mano de obra requerida en las tareas industriales era densa, lo cual no sólo exigía enormes dotaciones de obreros, sino que además afectaba la calidad, precisión y repetibilidad, encarecía los costos y disminuía la producción.

¿En qué medida? Podemos verlo con un ejemplo simple. Muchos de los que trabajan en un taller mecánico, por ejemplo, conocen una de las operaciones más sencillas de manufactura, es decir, perforar orificios en una chapa metálica con un [taladro manual de columna](#). Para ello, el operario debe realizar una multiplicidad de tareas: ubicar la chapa en la mesa del taladro, colocar una [broca](#) en el mandril y asegurarla al husillo, seleccionar la velocidad de rotación mediante un cambio de poleas, activar el husillo y accionar la palanca, o el volante de avance, para dirigir la broca hacia la chapa a mecanizar.

Ahora imaginemos la viabilidad de un proceso como este en un entorno industrial donde deben realizarse cientos de orificios en cientos de chapas, en el menor tiempo posible, al menor costo y con la máxima calidad de producción. Ese fue precisamente el desafío que enfrentaron las industrias durante la primera mitad del siglo XX y, por lo tanto, los avances tecnológicos cobraron impulso hacia la **automatización** de los procesos de manufactura, es decir, hacia el diseño de **máquinas capaces de programarse** para realizar automáticamente todas las tareas manuales de un operario.

Es así como ya entrada la década del '50 se introdujo en Estados Unidos el concepto de **control numérico (CN)** en una **fresadora**, que usaba tecnología de válvulas de vacío y la carga de datos se realizaba mediante tarjetas perforadas. Ya en los años '60 la válvulas de vacío eran reemplazadas por transistores, hasta que la introducción de las computadoras en la década del '70 sentó las bases definitivas de lo que hoy conocemos como tecnología del **control numérico computarizado (CNC)**.

Los microprocesadores revolucionaron el mundo del control numérico, permitiendo integrar prestaciones tales como, entre otras, ayudas avanzadas de la programación, presentación gráfica de la trayectoria de la herramienta, subprogramas y ciclos fijos, y comunicaciones e integración en redes. A comienzos de los '90 se introdujo la tecnología de **control numérico abierto**, que posibilita su personalización y la incorporación de conocimientos propios, programación gráfica interactiva, comunicación digital con los accionamientos y otro nutrido etcétera que nos ofrece las notables ventajas actuales de la maquinaria CNC.

¿Qué es el CNC y cómo está compuesta una máquina CNC?

En pocas palabras, el **control numérico computarizado** es el **uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina herramienta**. Entre esas máquinas herramienta, tanto estáticas como portátiles, podemos mencionar: **fresadora**, **torno**, **rectificadora**, máquina de **corte por láser**, por **chorro de agua** o por **electroerosión**, estampadora, **prensa**, **brazo robotizado**, etc. Las máquinas de gran porte cuentan con una computadora dedicada que forma parte del equipo, y la mayoría dispone de un sofisticado sistema de realimentación que monitorea y ajusta constantemente la velocidad y posición de la herramienta de corte. Las máquinas menos exigentes usadas en talleres admiten el uso de una computadora personal externa. El controlador CNC trabaja en conjunto con una serie de **motores** (servomotores y/o motores paso a paso), así como **componentes de accionamiento** para desplazar los ejes de la máquina de manera controlada y ejecutar los movimientos programados.

Una máquina CNC, por lo tanto, consiste en seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta
- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores)
- Monitor

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques de una máquina CNC típica, provista de servomotores.

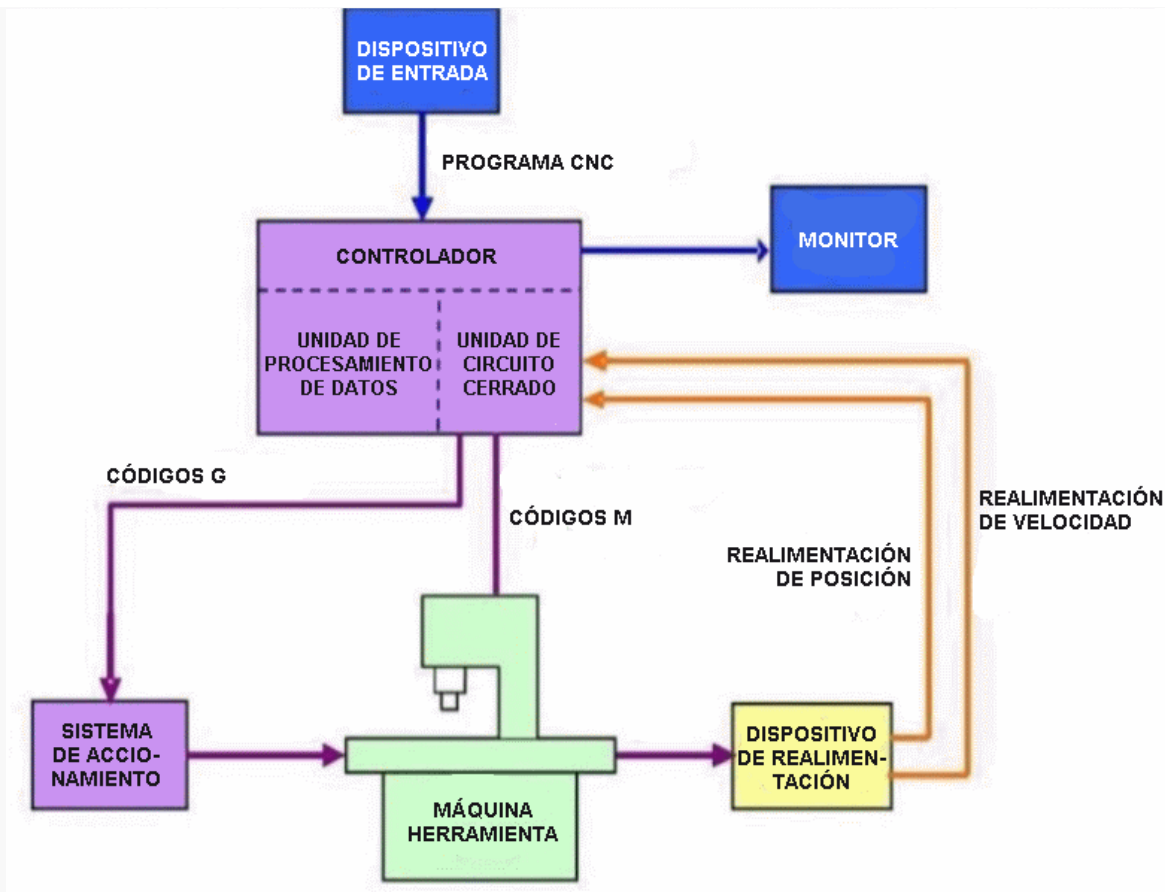


Diagrama de bloques de una máquina CNC – Figura 1

¿Cómo funciona una máquina CNC?

Como observamos en la figura anterior, básicamente, el controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de accionamiento.

Para comprender en términos generales cómo funciona una máquina CNC vamos ahora a examinar algunas de las funciones específicas que pueden programarse.

a) Control de movimiento

Todas las máquinas CNC comparten una característica en común: tienen dos o más direcciones programables de movimiento llamadas **ejes**. Un **eje de movimiento** puede ser lineal (en línea recta) o rotatorio (en una trayectoria circular). Una de las primeras especificaciones que implica la complejidad de una máquina CNC es la cantidad de ejes que tiene. En términos generales, a mayor cantidad de ejes, mayor complejidad.

Los ejes de una **máquina CNC** son un requisito para generar los movimientos necesarios para el proceso de fabricación. Si seguimos con el ejemplo de un taladro industrial, los ejes ubicarían la herramienta sobre el orificio a mecanizar (en dos ejes) y efectuarían la operación (con el tercer eje). Los ejes se denominan con letras. Los nombres más comunes de los ejes lineales son X, Y y Z, mientras que los más comunes de los ejes giratorios son A, B y C.

El control de movimiento puede realizarse mediante dos sistemas, que pueden funcionar individualmente o combinados entre sí:

- **Valores absolutos** (código G90), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto de origen de coordenadas. Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- **Valores incrementales** (código G91), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto actual. Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

b) Accesorios programables

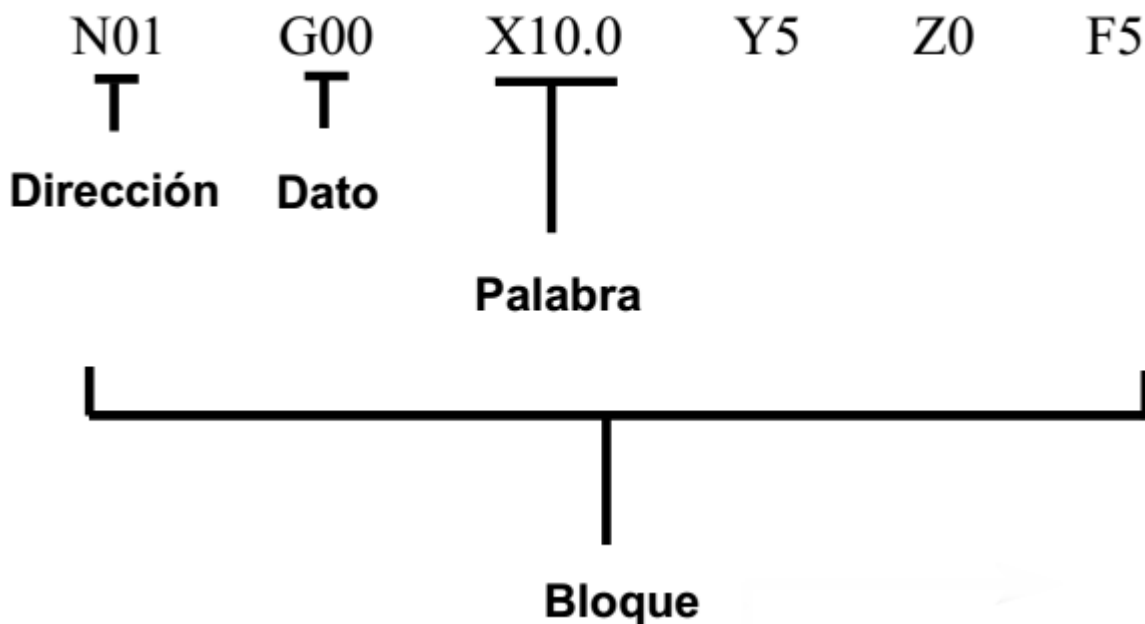
Una **máquina CNC** no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras. El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC. Así, por ejemplo, un **centro de mecanizado** contará al menos con las siguientes funciones específicas programables:

- *Cambiador automático de herramienta*: la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.
- *Velocidad y activación del husillo*: la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o antihorario, sino que además, puede detenerse.
- *Refrigerante*: muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.

c) Programa CNC

Este es un listado secuencial de instrucciones que ejecutará la máquina. Esas instrucciones se conocen como **programa CNC**, el cual debe contener toda la información requerida para el mecanizado de la pieza.

El programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones **Generales (código G)** y **Misceláneas (código M)**. El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como vemos en la figura de abajo, donde cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.



Programa Maquina CNC – Figura 2

El código G describe las funciones de movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones misceláneas que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa).

A su vez, cada código contiene variables (direcciones), identificadas con otras letras y definidas por el programador para cada función específica. Por ejemplo, F define la velocidad de avance, S la velocidad del husillo, T la herramienta seleccionada, X, Y y Z el movimiento de los ejes, I, J y K la localización del centro de un arco, etc.

Debemos tener en cuenta que, dado que todas son diferentes, cada máquina tendrá su propio programa CNC, ya que, por ejemplo, una **plegadora de chapas** no tiene husillo ni requiere de refrigerante. A tal efecto, la tabla ilustrativa que sigue muestra los códigos G y M más usados para un torno CNC.

CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frentado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

Códigos G y M para torno CNC

Conforme a la tabla anterior, y a modo de ejemplo, un bloque como este:

N0040 G01 X25.000 Z32.000 F500

Indicaría lo siguiente:

- Número del registro: 0040
- Procedimiento a realizar: G01, es decir, trasladarse al punto (X=25 mm, Z=32 mm) a través de una línea recta.
- Avance: 500 (mm/rev o mm/min, según se haya especificado previamente).

d) Controlador CNC

Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa.

Además de interpretar el programa CNC, el controlador tiene varios otros propósitos, por ejemplo:

- Modificar (editar) los programas si se detectan errores.
- Realizar funciones de verificación especial (como el funcionamiento en vacío) para confirmar la exactitud del programa CNC.
- Especificar ciertas entradas importantes del operador, tales como los valores de longitud de las herramientas.

e) Programa CAM

[En este artículo](#) mencionamos la importancia de un **programa CAM** (fabricación asistida por computadora) cuando se dificulta la escritura del **programa CNC**, ya sea por desconocimiento del operario o ante aplicaciones complicadas. En muchos casos, el programa CAM funciona conjuntamente con el diseño asistido por computadora (CAD). Esto elimina la necesidad de redefinir la configuración de la pieza de trabajo para el programa CAM. El programador CNC simplemente especifica las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC.

f) Sistema DNC

Una vez que se desarrolla el programa CNC (ya sea manualmente o con un programa CAM), debe cargarse en el controlador y para ello se usa un sistema de distribución de control numérico (DNC).

Un **sistema DNC** es una computadora conectada en red con una o más máquinas CNC. Tradicionalmente la transferencia de los programas se efectuaba mediante un protocolo rudimentario de comunicaciones seriales (RS-232C). Sin embargo, la tecnología ha avanzado para dotar a los controladores actuales con mayores capacidades de comunicación, de manera que puedan conectarse en red de maneras más convencionales, por ejemplo, mediante Ethernet.

Oportunidades laborales que ofrece la tecnología CNC

Con la expansión de las máquinas CNC resulta sorprendente la gran escasez de personal capacitado para operar dichas máquinas. Por lo tanto esta es un área prometedora en la que se puede acceder a buenos salarios y desarrollar una carrera gratificante. Los que siguen son algunos de los puestos de trabajo de mayor oferta para todos aquellos que buscan oportunidades dentro del campo de las máquinas CNC.

Industrias manufactureras	Empresas que comercializan máquinas CNC	Capacitación y difusión
• Ayudantes • Ajustadores de herramientas • Técnicos de puesta a punto de máquinas CNC • Operadores de máquinas CNC • Oficiales de mecanizado • Programadores CNC • Programadores CAD-CAM • Personal de mantenimiento	• Personal para servicio técnico • Ingenieros de aplicaciones CNC • Instructores de CNC • Vendedores especializados • Asesores posventa	• Instructores de CNC • Organizadores de cursos/seminarios • Organizadores de eventos

Oportunidades Laborales en CNC

LEER ATENTAMENTE EL MANUAL DE TRORNO CNC

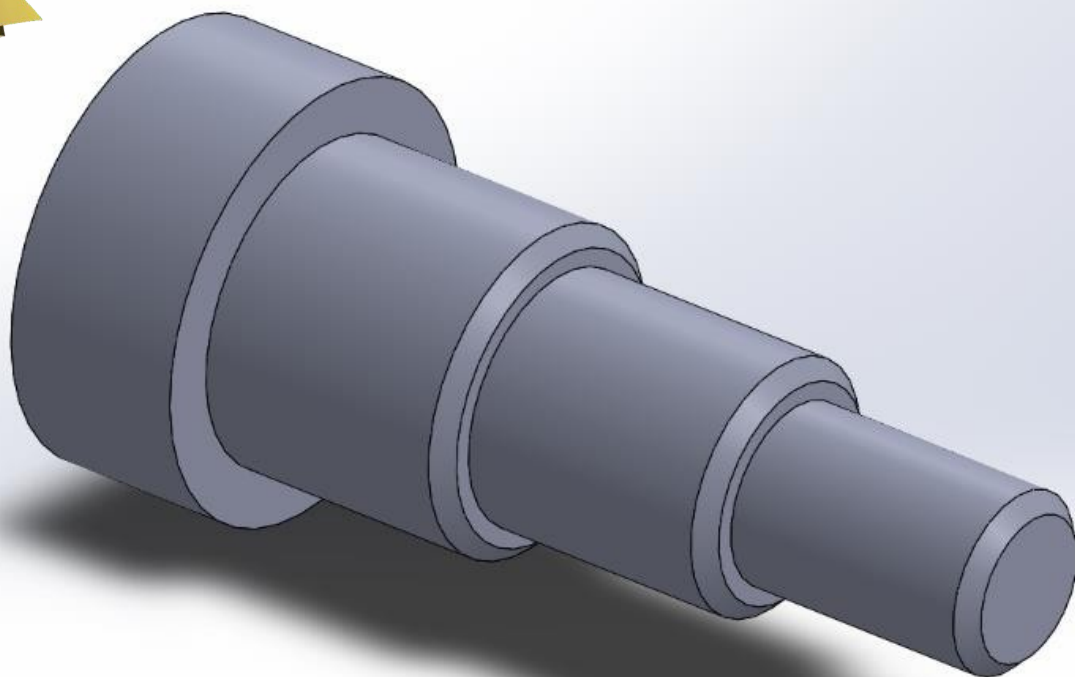


Estudios
Superiores de
Ecatepec

El torno

MANUAL DE PROGRAMACIÓN CNC

EN FANUC



Manufactura avanzada en aeronáutica

Abel Castillo

Espinosa 18601

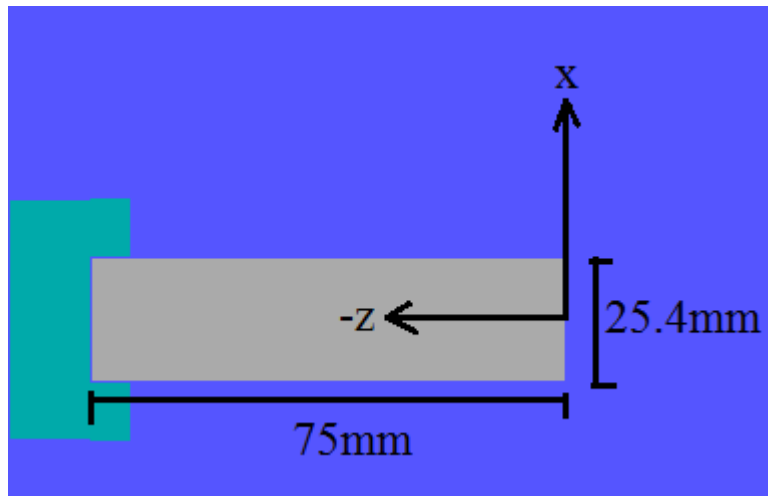
Tablas e imágenes

TABLA 1: Códigos G y M para tornos CNC

CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frenteado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

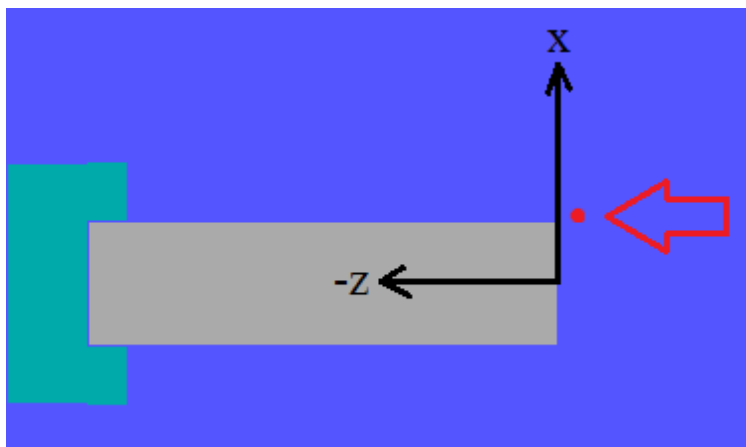
Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

IMAGEN 1



Dimensiones de la pieza a torneear, con su respectivo sistema de coordenadas.

IMAGEN 2



Coordenada X26 Z1, lugar donde la herramienta va a posicionarse antes de empezar el desbaste.

[BILLET X25.4 Z75

Para empezar a programar es necesario hacer una serie de comentarios que den información necesaria para la operación. Para indicar que haremos un comentario, abrimos un corchete. El programa no toma en cuenta los comentarios al momento de hacer la operación. El corchete se abre con el código Ascii *Alt+91*.

BILLET X25.4 Z75 nos indica las dimensiones de la pieza, donde X es el diámetro de nuestro cilindro y Z el largo. Las dimensiones están en milímetros. Así, en este caso tenemos un cilindro con 25.4mm de diámetro y con un largo de 75mm. (Ver IMAGEN 1).

Es necesario colocar punto y coma al final de cada línea, el código Ascii para el punto y coma es *Alt+59* o la letra “Ñ”.

[TOOLDEF T1;

[TOOLDEF T5;

Tool Definition, o como dice su traducción: definición de herramienta. ¿Qué herramientas usaremos durante la operación? En nuestro caso, será una herramienta para cilindrar y una para tronzar. Las herramientas tienen códigos predefinidos, en donde T1 corresponde a una herramienta para cilindrar y T5, a una herramienta para tronzar.

N10 G21 G99

Al escribir sin corchetes, vemos como el color de las letras y dígitos cambia; a partir de aquí es donde comienza la programación que la máquina va a tomar en cuenta.

N10 Es el número de operación, éste es definido por el programador, pero se recomienda que se vaya numerando de diez en diez; esto por si se desea introducir una operación intermedia. Por ejemplo si queremos una operación entre el 10 y el 20, elejimos un número 15, 14, 11 o cualquiera dentro del rango. Si se quisiera introducir una operación intermedia entre 10 y 11, es imposible; por lo que habría que renumerar todo.

Nótese que el número cero tiene un punto en el medio, con el fin de que no se confunda con la letra O.

El número de operación siempre va precedido por la letra N.

N10 G21 G99;

G21 En la TABLA 1 (al final), podemos ver una lista que contiene el significado de los códigos G y M para torno CNC. Revisando la tabla, vemos que G21 significa “comienzo de uso de unidades métricas”.

Existen dos tipos de unidades: métricas (**G21**) e imperiales (**G20**). Para ésta programación usaremos el Sistema Internacional, que corresponde al de unidades métricas.

G99 “velocidad de alimentación (unidades/revolución)”.

De la misma forma, hay dos maneras de definir la velocidad de corte: unidades sobre minuto (**G98**) y unidades sobre revolución (**G99**). Nosotros usaremos las unidades sobre revolución, que al tratarse de Sistema Métrico Internacional, se traducen en milímetros sobre revolución.

```
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Fra
DENFORD FANUC Turning v1.42
CNC Editor
Line 5      Column 1      Insert
[BILLET X25.4 Z75;
[TOOLDEF T1;
[TOOLDEF T5;
N10 G21 G99;
█
```

N20 G28 U0 W0;

G28 Según la TABLA 1, significa “volver al home de la máquina”. Volver a home significa volver a un punto de referencia; éste ya está establecido por el fabricante de cada máquina, por lo que no es necesario que lo definamos en la programación. Lo que sí tenemos que hacer es indicar que X y en Z no existen sobremedidas.

U0 W0 Cuando nos referimos a sobremedidas y sólo a sobremedidas, las de X se representan con la letra U, mientras que las de Z, con la letra W. Inmediatamente después de cada letra indicamos el número de milímetros que tendrá de sobremedida. Al tratarse de un Home, en ambos casos es cero. La sobremedida será un excedente de la medida original, y nos ocuparemos de quitarla en el acabado.

```
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Fra
DENFORD FANUC Turning v1.42
CNC Editor
Line 5      Column 15     Insert
[BILLET X25.4 Z75;
[TOOLDEF T1;
[TOOLDEF T5;
N10 G21 G99;
N20 G28 U0 W0;█
```

N30 M06 T1;

M06 Según la TABLA 1, significa “cambiar de herramienta”. Dado que vamos a empezar y no tenemos una herramienta asignada, elegimos “cambiar de herramienta” y colocamos el código de la herramienta que queremos. En los comentarios definimos dos, una para cilindrado (**T1**) y otra para tronzado (**T2**). Elegimos la de cilindrado, poniendo el código **T1** después de **M06** con separación de un espacio. No olvidamos el número de operación **N30** ni el punto y coma al final.

```
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Fra
DENFORD FANUC Turning v1.42
CNC Editor
Line 5      Column 12     Overwri
[BILLET X25.4 Z75;
[TOOLDEF T1;
[TOOLDEF T5;
N10 G21 G99;
N30 M06 T1;█
```

N40 M03 S1200;

M03 Según la TABLA 1, significa “hacer girar el husillo en sentido horario”. Perfecto, vamos a girar el husillo. ¿Pero a qué velocidad? A una velocidad de 1200rpm. La letra **S** siempre nos va a indicar velocidades. Así que en este paso, el husillo del torno ya debe estar girando a 1200rpm.

N50 G00 X26 Z1;

G00 Según la TABLA 1, significa “posicionamiento rápido (sin maquinar)”. ¿A dónde la posicionamos? En un lugar cercano a la pieza, pero sin tocarla, recordemos que ya está girando a 1200 revoluciones por minuto. Definimos la coordenada X26 (26mm en X) y Z1 (1mm en Z) debido a que es un punto muy próximo a la pieza. Ver IMAGEN 2.

N60 G71 U1 R0.5;

G71 Según la TABLA 1, significa “ciclo de maquinado en torneado”. No, todavía no vamos a maquinar. Esta es otra preparación antes de comenzar el torneado. La letra **U** nos va a indicar la profundidad por pasada. ¿De cuántos milímetros va a ser la profundidad de corte? De 1mm, tal y como se indica después de la U. La **R** nos marca que, una vez que la herramienta llegue a su destino, se va a retirar 0.5mm en el eje de las X.

N70 G71 P80 Q190 U0.3 W0.3 F0.1;

Siguiendo con las preparaciones antes de desbastar, tenemos las letras P y Q. La **P** dice en qué número de operación va a empezar y la **Q** en qué número de operación va a terminar nuestra operación de maquinado. Así que el maquinado, en otras palabras, inicia en **N80** y termina en **N190**.

Volvemos a encontrarnos con **U** y con **W**, que anteriormente aclaramos que corresponden a sobremedidas. En este caso, definiremos sobremedidas de 0.3mm en ambos casos.

F declara una velocidad de avance. No confundir con S, que declara una velocidad de giro. En los comentarios dijimos que nuestra velocidad de avance se daría en milímetros sobre revoluciones, lo que no dijimos fue cuántos milímetros. Aquí ya lo estamos definiendo. **F0.1** nos da a entender una velocidad de avance de 0.1mm por revolución.

N80 G00 X8;

G00 significa “travesía rápida”, por lo que debemos tener mucho cuidado de no mandar la herramienta a una coordenada en donde vaya a encontrar un obstáculo. Si se nos ocurriese poner X0 (que es el centro del cilindro) Z-1 bajo el código de travesía rápida, la herramienta se estamparía con la pieza a revolución, lo que con seguridad provocaría el rompimiento de la herramienta de corte. Cuando pongamos G00, debemos recordar que la herramienta se va a trasladar rápidamente al punto que le indicamos, en este caso X8.

¿Y dónde está ubicada X8? Si X0 está en el centro del cilindro, podríamos suponer que X8 está 8mm arriba. ¡PUES NO! Está a 4mm arriba. ¿Por qué? Porque al tratarse de un cilindro, un milímetro que desbastemos en +X también se va a desbastar en -X, es como un espejo, si desbastamos 1 milímetro en +X, estaremos desbastando 2mm en total.

DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Fr

```
DENFORD FANUC Turning v1.42
CNC Editor
Line 10      Column 12  Insert
[BILLET X24.4 Z75;
[TOOLDEF T1;
[TOOLDEF T5;
N10 G21 G99;
N30 M06 T1;
N40 M03 S1200;
N50 G00 X26 Z1;
N60 G71 U1 R0.5;
N70 G71 P80 Q190 U0.3 F0.1;
N80 G00 X8;
```

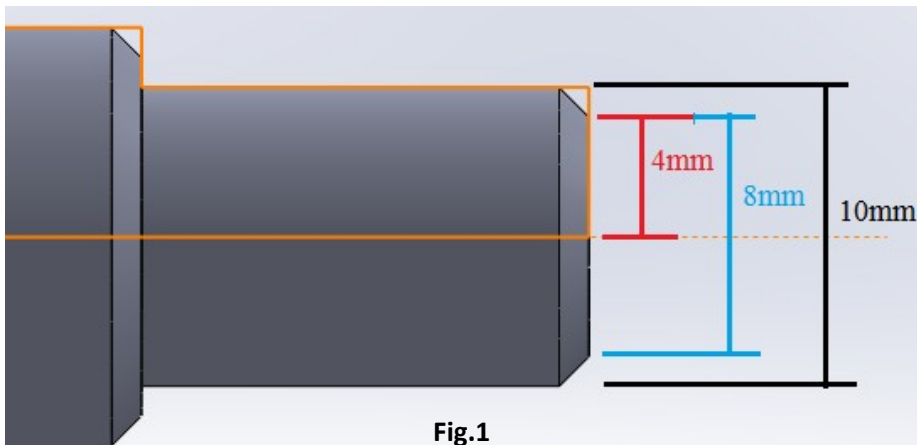


Fig.1

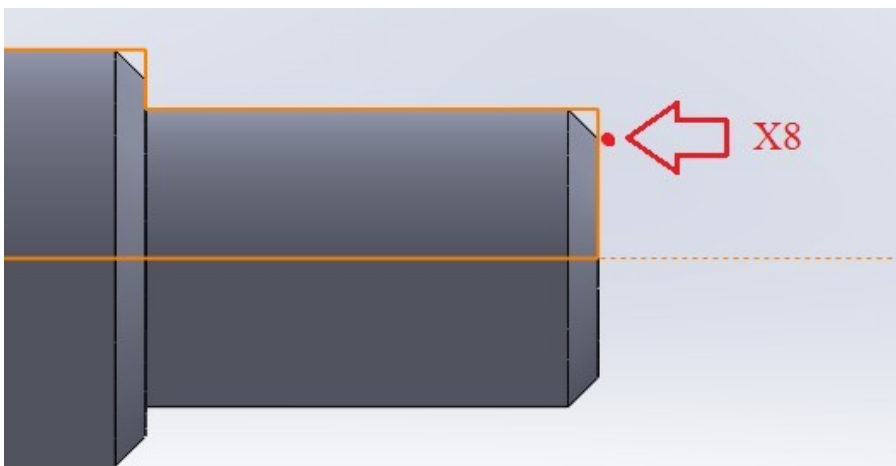


Fig.2

En las imágenes de la izquierda podemos ver el por qué de las coordenadas. Recordemos que la pieza aún está sin desbastar, por lo que el posicionamiento de la pieza realmente sería como en la Fig.3. Las imágenes 1 y 2 son para darnos una idea de lo que vamos a hacer y por qué se colocan las coordenadas tales.

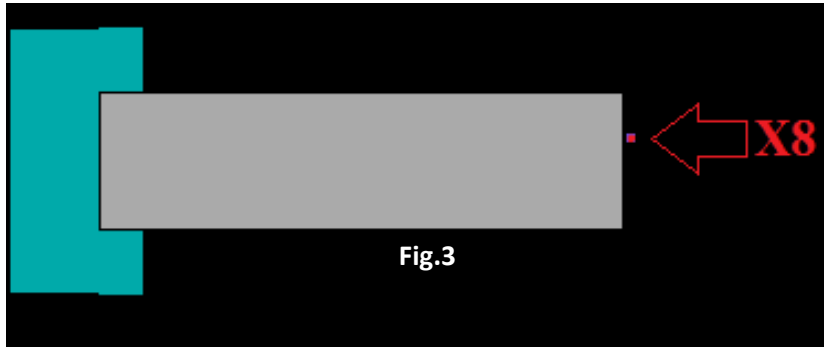


Fig.3

Coordenada X8 antes de desbastar.

N90 G01 Z0 F0.1;

Este es el momento que estábamos esperando. **G01** indica interpolación lineal. ¿Qué significa? Que la herramienta establece contacto con la pieza a revolución. Sabemos que establece contacto porque indicamos la coordenada Z0. Entonces, su primer punto de contacto será en la coordenada X8 Z0.

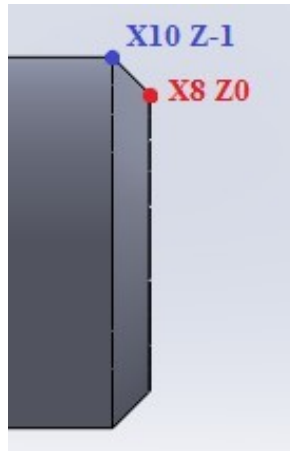
A diferencia del G00, en el código G01 la máquina ya sabe que va a empezar a desbastar, así que tendrá cuidado al acercarse. El código **F0.1** le recuerda a la máquina que debe moverse a una velocidad de 0.1mm por revolución, de modo que desbaste un milímetro de material cada 10 revoluciones.

Si queremos simular, presionamos F9 y seleccionamos RUN PROGRAM. Nótese que en N70, cambiamos Q190 por Q90, esto para que el programa supiera de dónde a dónde simular, en este caso, la simulación va de P80 (N80) a Q90 (N90). Si dejásemos Q190, el programa mandaría error puesto que Q190 no existe aún, pero existirá, pues al final de la programación estaremos simulando de P80 a Q190.



N100 X10 Z-1;

¿Qué es lo que pasó aquí? En la operación anterior nuestra herramienta estaba en X8 Z0, y ahora le estamos diciendo que se vaya a X10 Z1. Para llegar a esa coordenada, necesitará hacer una línea recta del punto anterior al nuevo punto, lo que nos generará un chaflán. Por eso se llama interpolación LINEAL.



ON110 Z-15;

N120 X12; N130

X14 Z-16; N140

Z-30; N150 X16;

N160 X18 Z-31;

N170 Z-45;

N180 X24; N190

Z55;

El “delineado” de la pieza se hace de esta forma. Podemos ver que al fin hemos llegado a N190, por lo que ya podemos cambiar la Q de N70. Lo único que hicimos fue decirle a la máquina por qué coordenadas va a pasar trazando líneas, desbastando. En la Fig.4 se ve claramente cada una de esas coordenadas.

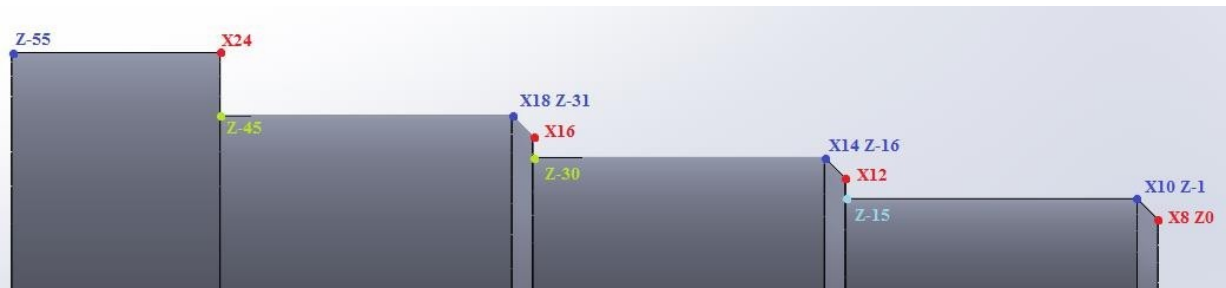
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Fra

DENFORD FANUC Turning v1.42

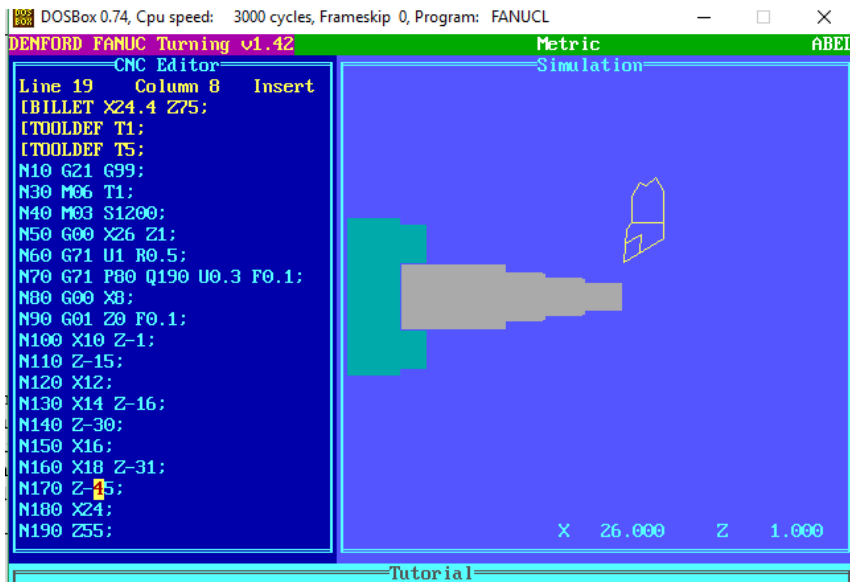
CNC Editor

Line 9 Column 15 Insert

```
[BILLET X24.4 Z75;  
[TOOLDEF T1;  
[TOOLDEF T5;  
N10 G21 G99;  
N30 M06 T1;  
N40 M03 S1200;  
N50 G00 X26 Z1;  
N60 G71 U1 R0.5;  
N70 G71 P80 Q180 U0.3 F0.1;  
N80 G00 X8;  
N90 G01 Z0 F0.1;  
N100 X10 Z-1;  
N110 Z-15;  
N120 X12;  
N130 X14 Z-16;  
N140 Z-30;  
N150 X16;  
N160 X18 Z-31;  
N170 Z-45;  
N180 X24;  
N190 Z55;
```



Corriendo la simulación con F9, podemos ver que nuestro resultado es el esperado.



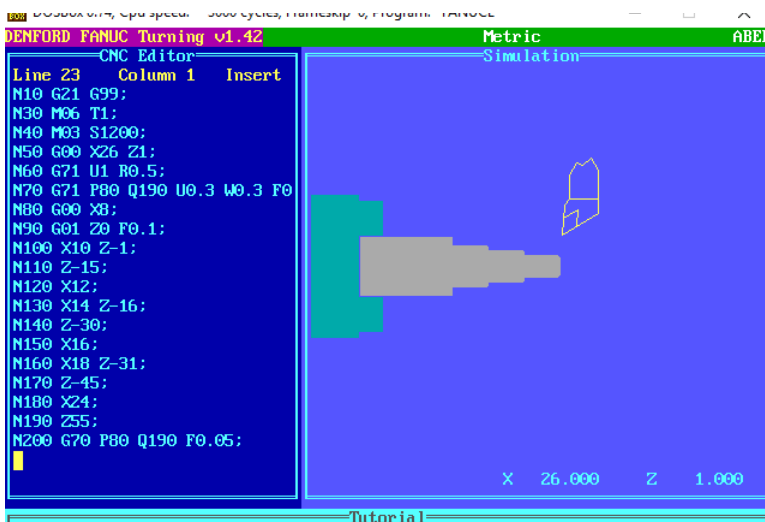
Todavía no hemos terminado. Nos falta un buen acabado y un tronzado. El acabado lo daremos con el código:

N200 G70 P80 Q190 F0.05;

G70 significa “ciclo de acabado”. Dado que el acabado va a seguir el mismo trayecto que siguió el maquinado de desbaste, decimos que va a ir desde el bloque 80 al 190, de nuevo.

¿Cuál es la diferencia con el N70 entonces? La diferencia está en que la F, que es velocidad de avance, cambia. Si la F permaneciera de **0.1**, la operación prácticamente no tendría caso. Para un buen acabado, conviene reducir la velocidad de avance y es por eso que en vez de poner 0.1, colocamos **0.05** mm por revolución.

Recordemos que la pieza sigue girando a 1200rpm pues en ningún momento hemos ordenado que se detuviera.



Nota: En N70 encontramos un error: fue borrada la sobremedida W03.

La medida ha sido colocada a partir de ésta captura. La explicación de las capturas anteriores no se ve afectada por este error.

En N20 encontramos otro error: también se borró N20, que es el HOME.

N20 será colocada a partir de la próxima captura. La explicación de las capturas anteriores no se ve afectada por este error.

La pieza ha quedado terminada. Ahora sólo falta tronzarla. Para eso tenemos que hacer varias cosas: regresar a casa para cambiar la herramienta, reducir las revoluciones de la pieza, acercarnos al lugar en donde vamos a tronzar y finalmente hacer una interpolación lineal. Vamos por partes, primero regresemos a casa:

N210 G28 U0 W0;

En donde vamos a cambiar la herramienta de corte por una T5, que es para tronzar:

N220 M06 T5;

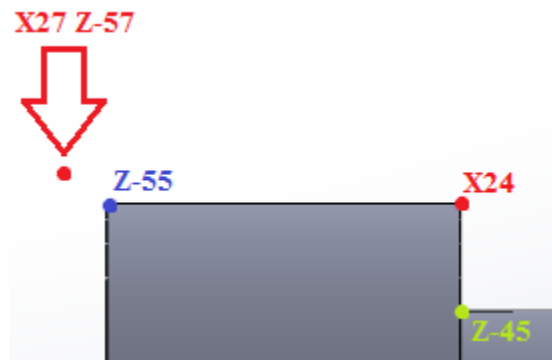
Debido a que vamos a tronzar, reducimos la velocidad de corte de 1200rpm (velocidad a la que gira actualmente) a 500rpm:

N230 M03 S500;

```
N40 M03 S1200;
N50 G00 X26 Z1;
N60 G71 U1 R0.5;
N70 G71 P80 Q190 U0.3 W0.3 F0
N80 G00 X8;
N90 G01 Z0 F0.1;
N100 X10 Z-1;
N110 Z-15;
N120 X12;
N130 X14 Z-16;
N140 Z-30;
N150 X16;
N160 X18 Z-31;
N170 Z-45;
N180 X24;
N190 Z55;
N200 G70 P80 Q190 F0.05;
N210 G28 U0 W0;
N220 M06 T5;
N230 M03 S500; █
```

N240 G00 X27 Z-57;

G00 de nuevo, nos trasladaremos rápidamente a un punto cercano en donde vamos a hacer contacto con la pieza. En este caso, ya estamos bien posicionados en Z, pues queremos que el corte sea precisamente a 27mm de la punta del cilindro. Ahora sólo falta movernos en X.



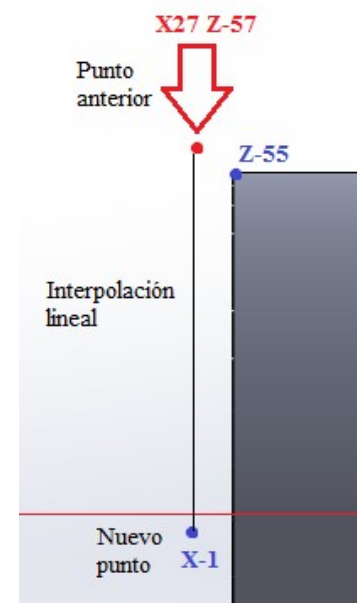
N250 G01 X-1 F0.03;

Interpolación lineal (**G01**). Haremos contacto con la pieza y nos trasladaremos del punto anterior al nuevo punto. El punto anterior era X27 Z-57, el nuevo punto es X-1 Z-57.

¿X-1? ¿Eso quiere decir que la herramienta va a “atravesar” la pieza e irá desde 27 hasta -1? Efectivamente, eso quiere decir.

Lo hará con una velocidad de avance de 0.3mm por revolución. Una velocidad todavía más pequeña que la anterior.

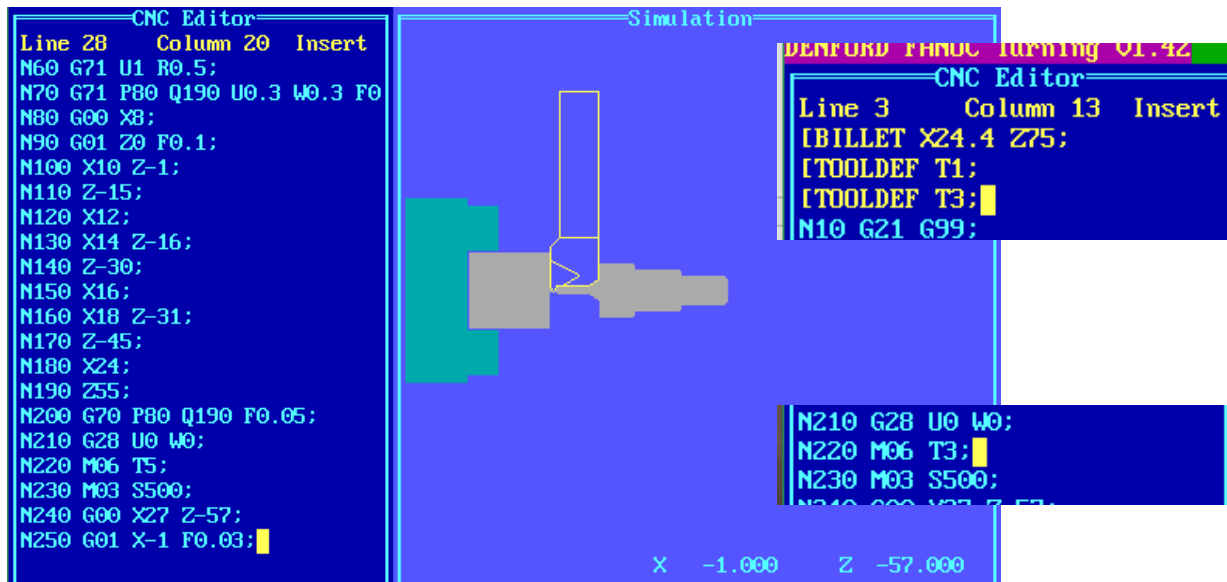
Corremos la simulación hasta aquí para ver qué es lo que pasa.



Tenemos un problema

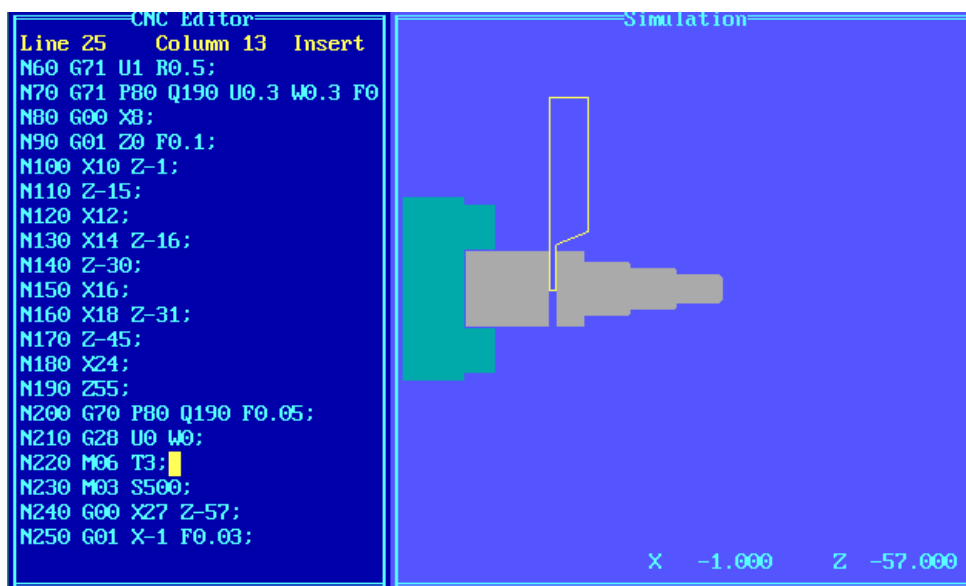
Todo corre perfectamente, pero podemos notar que la herramienta de corte no es la correcta. Parece T5 no es una herramienta para tronzar después de todo. Tras revisar, encontramos que la herramienta para tronzar en realidad es la T3.

Hagamos los cambios correspondientes editando **N220** (cambiando T5 por T3) y sustituyendo el comentario **[TOOLDEF T5;** por **[TOOLDEF T3;**



Ya no tenemos un problema

Tras la simulación, vemos que el tronzado es un éxito.



Después del tronzado, la pieza debería caer debido a que, obviamente, ya fue cortada. Esto pasa en la vida real pero en la simulación; en la simulación la pieza permanece ahí. Después del tronzado nosotros deberíamos volver a FIDM5, pero vamos a hacerlo en dos tiempos para que en la simulación la herramienta no dé la impresión de que choca con la pieza.

El primer tiempo es un movimiento rápido a la coordenada X27 Z-57:

N260 G00 X27;

El segundo tiempo es el regreso a casa:

N270 G28 U0 W0;

Sólo nos falta una cosa por hacer:

N280 M30;

M30 Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio.

```
DENFORD FANUC Turning v1.42
CNC Editor
Line 31 Column 10 Insert
N90 G01 Z0 F0.1;
N100 X10 Z-1;
N110 Z-15;
N120 X12;
N130 X14 Z-16;
N140 Z-30;
N150 X16;
N160 X18 Z-31;
N170 Z-45;
N180 X24;
N190 Z55;
N200 G70 P80 Q190 F0.05;
N210 G28 U0 W0;
N220 M06 T3;
N230 M03 S500;
N240 G00 X27 Z-57;
N250 G01 X-1 F0.03;
N260 G00 X27;
N270 G28 U0 W0;
N280 M30;
```

F1 help ctrl-F1 G/M help F2 save

Código final

```
CNC Editor
Line 1 Column 1 Insert
BILLET X24.4 Z75;
TTOOLDEF T1;
TTOOLDEF T3;
N10 G21 G99;
N20 G28 U0 W0;
N30 M06 T1;
N40 M03 S1200;
N50 G00 X26 Z1;
N60 G71 U1 R0.5;
N70 G71 P80 Q190 U0.3 W0. F0.1;
N80 G00 X8;
N90 G01 Z0 F0.1;
N100 X10 Z-1;
N110 Z-15;
N120 X12;
N130 X14 Z-16;
N140 Z-30;
N150 X16;
N160 X18 Z-31;
N170 Z-45;
N180 X24;
N190 Z55;
N200 G70 P80 Q190 F0.05;
N210 G28 U0 W0;
N220 M06 T3;
N230 M03 S500;
N240 G00 X27 Z-57;
N250 G01 X-1 F0.03;
N260 G00 X27;
N270 G28 U0 W0;
N280 M30;
```