



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA Y METALURGICA

MANUAL DE PROGRAMACIÓN Y USO DE UN TORNO CNC

Preparado por: David Berlin R.

Profesor: Jaime Camelio R.

Santiago, Abril de 1997

INDICE

1. Introducción	1
2. ¿Qué es un torno CNC?	2
3. Partes principales del torno	2
4. Estructura del programa principal	2
5. Los registros NC	3
6. La palabra	3
7. Los grupos G y M	4
8. Distribución en grupos y estados de puesta en marcha de las funciones G	5
9. Distribución en grupos y estados de puesta en marcha de las funciones M	6
10. Disposiciones de sintaxis	7
11. Descripción breve de las direcciones	7
12. Valores absolutos e incrementales	8
13. Formato de las funciones G	8
14. Funciones automantenidas	8
15. Programación de herramientas	8
16. G00 marcha rápida	10
17. G01 interpolación lineal	10
18. G02 interpolación circular en sentido horario	11
19. G03 interpolación circular en sentido antihorario	11
20. G04 tiempo de espera	12
21. G33 rosca en el registro individual	12
22. G84 ciclo de cilindrado	13
23. G84 ciclo de refrentado	15
24. G85 ciclo de roscado longitudinal	16
25. G85 ciclo de roscado plano	20
26. G86 ciclo de ranurado (en el lado longitudinal)	21
27. G86 ciclo de ranurado (en el lado frontal)	23
28. G87 ciclo de taladrado con rotura de virutas	24
29. G88 ciclo de taladrado con evacuación	25
30. G96 velocidad de corte constante	25
31. G97 programación directa de la velocidad de giro	25
32. G94 indicación del avance en mm/min (1/100 inch/min)	26
33. G95 indicación del avance en $\mu\text{m}/\text{rev}$ (1/10000 inch/rev)	26
34. G53-G59 llamadas de desplazamiento del punto cero	27
35. G92 limitación de la velocidad de giro	28
36. G92 indicaciones para llamada de desplazamiento 5	28
37. G25 llamada de subprograma	29
38. G26 llamada de programas de polígonos	39
39. G27 salto incondicionado	30
40. G70 programación en pulgadas	30
41. G71 programación en milímetros	30
42. G40, G41, G42 compensación del radio de la herramienta	31
43. G51 ampliación y reducción de escala	32
44. M03 husillo conectado en sentido horario	33

45. M04 husillo conectado en sentido antihorario	33
46. M05 paro del husillo.....	33
47. M19 paro exacto del husillo.....	33
48. M38 paro exacto conectado	34
49. M39 paro exacto desconectado	34
50. M00 paro intermedio programado.....	35
51. M17 final de subprograma.....	35
52. M30 final del programa con regreso al inicio	35
53. M08 refrigerante conectado.....	35
54. M09 refrigerante desconectado	36
55. M25 (M26) abrir (cerrar) el elemento de sujeción.....	36
56. M20 (M21) pinola de contrapunto adelantado (retrasado).....	36
57. M23 (M24) cubeta de recogida retrasada (adelantada)	36
58. M50 (M51) desactivación (activación) de la lógica de giro de la torreta revólver.....	36
59. M52 (M53) desactivación (activación) del automatismo de la puerta	36
60. Operación del control para escribir, editar y grabar programas y para trabajar sin rutina de programación	37
61. Ejemplo 1 - Programa O501	39
62. Bibliografía	41

INTRODUCCIÓN

El presente manual está escrito para lograr que el alumno aprenda a programar el control de un torno CNC EmcoTurn 120 sin tener un conocimiento básico previo. Para ello se han introducido los gráficos y explicaciones necesarios para entender la manera en que opera el equipo, así como ejemplos de programación de las operaciones principales que puede realizar. Estos apuntes fueron obtenidos a partir del manual original de la máquina y no son más que una explicación breve (pero completa) de los pasos que se deben seguir para realizar un programa de torneado. Por supuesto, se han verificado las explicaciones teóricas realizando algunas piezas y pruebas. Se recomienda leer todo el manual antes de comenzar a elaborar un código de programación. A pesar de que cada operación en particular está claramente explicada e ilustrada, es conveniente tener una idea completa de las capacidades de este torno. No todas las funciones que aparecen en este manual pueden ser realizadas por el equipo del que se dispone, ya que algunas capacidades del mismo no están habilitadas. Se recomienda prestar especial atención al capítulo de compensación de radio, ya que un mal uso de esta función puede hacer variar todas las dimensiones finales de la pieza, invalidando el trabajo previo. En caso de producirse un error en la programación, aparecerá una alarma numerada en la pantalla, que el alumno podrá interpretar leyendo la causa de la misma en el listado de alarmas que se encuentra en el laboratorio. Este manual ha sido elaborado por un ex-alumno del curso Máquinas Herramientas que se dicta en la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y su objetivo es servir de apoyo a los alumnos de este curso en la experiencia de laboratorio de control numérico. Se agradecerán los comentarios que pretendan hacer mejoras a este manual.

QUÉ ES UN TORNO CNC?

Un torno CNC es un equipo de trabajo que permite manufacturar piezas de distintos materiales y en repetidas ocasiones a través de corte. Este equipo se diferencia de un torno convencional porque es posible programar la secuencia de fabricación de una pieza. Esto significa que el operador sólo hace una vez el trabajo de definir cómo hacer una pieza y el control de la máquina produce la cantidad de piezas que se necesite. A diferencia del torno convencional, el torno CNC consta de dos cuerpos principales: el control y el torno mismo. El control es el computador que procesa y guarda toda la información ingresada por el operador. Una vez realizado esto, el control comunica al torno (mediante señales eléctricas) cómo, cuándo, dónde y qué hacer para elaborar la pieza deseada. En el laboratorio se dispone de un control Emcotronic TM02 y de un torno Emcoturn 120, ambos de fabricación austríaca. El usuario debe ser muy cuidadoso en el trato dado al equipo y en la limpieza del mismo después de su uso.

PARTES PRINCIPALES DEL TORNO

- *Torreta revólver:* Contiene los portaherramientas y gira según comandos para seleccionar la herramienta deseada.
- *Portaherramientas:* En ellos se ubican las herramientas de corte en distintas posiciones.
- *Herramientas:* Producen desgaste del material de la pieza mediante cortes.
- *Pieza:* Material a trabajar.
- *Husillo:* Es un plato giratorio con mordazas (para sujeción), en el cual se coloca la pieza a torner.
- *Compuerta:* Es la puerta de seguridad. Debe estar cerrada para que el torno trabaje.

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA PRINCIPAL

1. Principio del programa.

Todo programa debe comenzar con un número que lo identifica. Los programas se diferencian entre sí por su número, pudiendo guardarse varios en la memoria del control. Este número que nombra al programa se antecede de la letra O. Un subprograma también empieza con la letra O, solo que los números que la siguen están dentro de cierto rango.

1. Contenido del programa.

La parte central de un programa son los registros NC, que serán explicados a continuación. Los registros son las órdenes que se dan al control para que la máquina elabore la pieza en cuestión.

2. Final del programa.

Un programa finaliza cuando es leída la orden M30. En caso de tratarse de un subprograma, en vez de M30 se utiliza la instrucción M17.

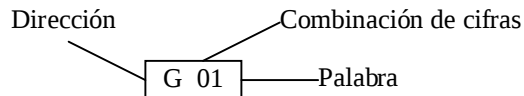
LOS REGISTROS NC

Un registro representa una “línea” del programa (o subprograma), y se identifica mediante la letra N seguida de un número que sirve para diferenciar ese registro de los demás que componen un programa (o subprograma). El control del torno Emcoturn 120 permite registros entre N0000 y N9999 (10 mil registros posibles para cada programa, incluyendo los subprogramas que a él pertenezcan). El control lee los registros en orden ascendente, pero no tiene restricciones en cuanto a la diferencia numérica de dos registros consecutivos. Esto quiere decir que es posible numerar de cinco en cinco o de veinte en veinte (o una vez aumentar 11 y luego 19). Sin embargo, en general se recomienda numerar (y así lo propone automáticamente el control) de diez en diez. Hay dos razones para esto: primero, se deja la posibilidad de introducir algún registro posteriormente, ya sea por olvido o por alguna modificación que se quiera hacer al programa; segundo, se es sistemático en la estructuración del programa y se evita tener que cambiar el código que el control propondrá automáticamente. En el caso que se introduzca un registro al final del programa cuya numeración ya haya pasado, el control lo pondrá en el lugar que corresponda.

Una vez introducido el número del registro, se procede a insertar las “palabras” que correspondan.

LA PALABRA

Un registro consta de varias palabras. Una palabra consta a su vez de una letra (dirección) y una combinación de cifras. Cada palabra tiene un determinado significado, según el cual se ajusta también el valor numérico asignado.



En el ejemplo las cifras están separadas de la dirección para una mejor comprensión, pero en la realidad tienen que ir juntas. Las palabras se separan entre sí por un espacio, y cada una de ellas representa una acción a tomar por la máquina. La longitud máxima de un registro puede valer entre 3 y 4 líneas para este torno CNC. En caso de rebasar este límite, se producirá una alarma en la pantalla. Una vez introducidas todas las palabras de un registro, se procede a introducir el registro siguiente.

A continuación un ejemplo de cómo escribir un registro:

N0040 G01 X25.000 Z32.000 F500

Número del registro: 0040

Procedimiento a realizar: G01, trasladarse al punto (X=25,Z=32) a través de una línea recta
Avance: 500 (µm/rev o mm/min, según se haya especificado previamente)

Obsérvese que el punto X=25 se indica como X25.000. Esto se debe a que si se indicara X25 el control entendería X=0.025 mm. En otras palabras, las coordenadas aceptan hasta milésimas de mm (o de pulgada, si se establece previamente). Sin embargo

no es necesario digitar los tres ceros a la derecha del punto. Basta escribir X25. y el control agregará automáticamente los ceros. Por supuesto lo mismo vale para Z.

Estas son las consideraciones básicas para entender como funciona este torno de control numérico. Es muy importante trabajar en forma ordenada y sistemática, para así poder llevar a cabo la producción de piezas en forma eficiente y rápida. El control del torno indica errores en la programación antes de empezar a ejecutar el registro, lo que permite su corrección a tiempo. Se recomienda siempre ejecutar el programa por primera vez en vacío (sin material) para así poder detectar fallas evidentes en el código que pudieran ocasionar algún daño a la máquina.

LOS GRUPOS G Y M

El torno Emcoturn funciona mediante la ejecución de órdenes de desplazamiento y de condiciones de entorno. Las órdenes de desplazamiento corresponden a las funciones G, que tienen relación directa con los movimientos de la herramienta, así como con el desbastado de la pieza de trabajo. Por su parte, las funciones M entregan las condiciones en que se trabajará (con o sin lubricante, sentido de giro del husillo, etc.). Para la ejecución de un programa cualquiera deben activarse varias funciones G y M, las cuales se dividen en grupos, según el tipo de acción que representen. A continuación se presentan las tablas para las funciones G y M, las que serán explicadas a lo largo del manual.

DISTRIBUCIÓN EN GRUPOS Y ESTADOS DE PUESTA EN MARCHA DE LAS FUNCIONES G

Grupo 0		G00:	Marcha rápida
		G01:	Interpolación lineal
		G02:	Interpolación circular en el sentido horario
		G03:	Interpolación circular en el sentido antihorario
		G04:	Tiempo de espera
		G33:	Roscado en el registro
		G84:	Ciclo de cilindrado / Ciclo de refrentado
		G85:	Ciclo de roscado
		G86:	Ciclo de ranurado
		G87:	Ciclo de taladrado con rotura de virutas
		G88:	Ciclo de taladrado con evacuación
Grupo 1		G96:	Velocidad de giro constante
	*	G97:	Programación directa de la velocidad de giro
Grupo 2		G94:	Indicación del avance en mm/min (1/100 inch/min)
	*	G95:	Indicación del avance en $\mu\text{m}/\text{rev}$ (1/100 inch/rev)
Grupo 3	*	G53:	Desactivación de desplazamiento 1 y 2
		G54:	Llamada de desplazamiento 1
		G55:	Llamada de desplazamiento 2
Grupo 4		G92:	1. Limitación de la velocidad de giro
			2. Aplicar desplazamiento 5
Grupo 5	*	G56:	Desactivación de desplazamiento 3,4,5
		G57:	Llamada de desplazamiento 3
		G58:	Llamada de desplazamiento 4
		G59:	Llamada de desplazamiento 5
Grupo 6		G25:	Llamada de subprograma
		G26:	Llamada de programas de polígonos
		G27:	Salto incondicionado
Grupo 7		G70:	Indicaciones de medidas en pulgadas
		G71:	indicaciones de medidas en mm
Grupo 8	*	G40:	Supresión de la compensación del radio de la herramienta
		G41:	Corrección del radio de la herramienta a la izquierda
		G42:	Corrección del radio de la herramienta a la derecha
Adicional		G50:	Desactivar escalamiento
		G51:	Activar escalamiento

* Se activa al encender el equipo

DISTRIBUCIÓN EN GRUPOS Y ESTADOS DE PUESTA EN MARCHA DE LAS FUNCIONES M

Grupo 0		M03:	Husillo CONECTADO en sentido horario
		M04:	Husillo CONECTADO en sentido antihorario
		M05:	PARO del husillo
		M19:	PARO exacto del husillo
Grupo 1		M38:	Paro exacto CONECTADO
	*	M39:	Paro exacto DESCONECTADO
Grupo 2		M00:	Paro programado
		M17:	Final de subprograma
		M30:	Final del programa con regreso al principio del programa
Grupo 3		M08:	Refrigerante CONECTADO
	*	M09:	Refrigerante DESCONECTADO
Grupo 5		M25:	Abrir el elemento de sujeción
		M26:	Cerrar el elemento de sujeción
Grupo 6		M20:	Pinola de contrapunto retrasada
		M21:	Pinola de contrapunto adelantada
Grupo 7	*	M23:	Cubeta de recogida retrasada
		M24:	Cubeta de recogida adelantada
Grupo 8		M50:	Desactivación de la lógica de giro de la torreta revólver
		M51:	Activación de la lógica de giro de la torreta revólver
Grupo 9		M52:	Desactivación del automatismo de la puerta
		M53:	Activación del automatismo de la puerta

* Se activa al encender el equipo

DISPOSICIONES DE SINTAXIS

- *Longitud de registros:* La longitud máxima de un registro es de 3 a 4 líneas
- *Orden de las palabras:*
 1. Numero del registro
 2. Función G a realizar
 3. Coordenadas del punto de destino (tener cuidado con la inversión del orden de coordenadas en caso de ciclos G84, G85 y G86)
 4. Parámetros (en caso de ciclo)
 5. Avance F
 6. Velocidad de giro o velocidad de corte S
 7. Dirección de la herramienta T
 8. Funciones adicionales M
- *Varias funciones de un mismo grupo:* cuando se tiene dos o más instrucciones de un mismo grupo, se activa solamente la última función del grupo programada. Por ejemplo, si en un registro se introduce G02 y luego G03, es activa G03.
- *Palabras iguales en un mismo registro:* es válida la última programada (no conviene)
- *Programación del punto decimal:* Sin punto decimal se calculan los valores como μm (en G71) o como 1/10000 de pulgada (en G70)
- *Orden posterior a llamada de herramienta:* Después de llamar una herramienta la orden de desplazamiento debe ser G00

DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS DIRECCIONES

- * *Direcciones de desplazamiento X y Z:* Se refieren en forma absoluta a un origen de coordenadas. Z se mide paralelamente al eje de giro del husillo (Z negativo hacia la base del husillo), mientras que X es la medida del diámetro (X positivo por encima del eje de giro del husillo).
- * *Direcciones de desplazamiento U y W:* Idem X y Z pero los desplazamientos se miden incrementalmente desde el punto de partida del movimiento. Son desplazamientos relativos. En este caso, U no representa medidas diametrales, sino que es la distancia entre el punto inicial y el final (distancia radial).
- * *Direcciones I y K:* Se usan para indicar el centro del círculo en caso de interpolación circular. Ver G02 y G03
- * *Dirección F:* Indica avance (G94 y G95) o paso de la rosca (G33 y G85)
- * *Dirección S:* Indica velocidad de corte (G96), velocidad de giro del husillo (G97), velocidad máxima de giro (G92) o la posición de paro del husillo (M19)
- * *Dirección T:* Se indica herramienta a seleccionar y datos de la herramienta
- * *Función M:* Ver detalles para cada dirección
- * *Dirección L:* Se invocan subprogramas, repeticiones y destinos de saltos (no usado) o bien posición de la herramienta en la torreta revólver (G40, G41, G42)
- * *Dirección R:* Indica radio de la punta de la herramienta (G40, G41, G42)
- * *Parámetros P y D:* Son propios de cada ciclo. Ver detalles en ciclos.
- * *Función G:* Condiciones del desplazamiento. Ver cada función en particular
- * *Dirección O:* Números de programas NC. Programas principales (O0000 a O6999), subprogramas (O0080 a O0255) y programas de polígonos (O7000 a O9999)

VALORES ABSOLUTOS E INCREMENTALES

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

Se puede usar también una programación mixta, combinando valores absolutos e incrementales. En cualquiera de las dos situaciones X,U crecen hacia arriba (decrecen hacia abajo) y Z,W crecen alejándose del husillo (decrecen acercándose a él)

FORMATO DE LAS FUNCIONES G

En los recuadros de descripciones de los códigos G, notará que aparece N4 antes de la función, así como X,U $\pm$ 43, etc.

N4 significa que se dispone de 4 cifras (N0000 a N9999) como máximo para el número del registro.

Para las direcciones X, U, Z y W aparece $\pm$ 43. Esto significa que se pueden introducir números positivos o negativos (por defecto positivos) y que para ello se dispone de 4 cifras antes del punto y 3 después. Por ejemplo, X2104.685 Las unidades correspondientes se definen previamente. Este formato es válido para las todas las direcciones que se usan en las funciones G.

FUNCIONES AUTOMANTENIDAS

Una vez que se ha ingresado una función cualquiera (G o M), ésta queda activa hasta que se ingrese una nueva función que pertenezca al mismo grupo. Es importante destacar que sólo puede estar activa una función de cada grupo. Ocurre lo mismo para las palabras X(U), Z(W), F, S y T. En otras palabras, no es necesario reescribir palabras iguales en registros sucesivos. Las funciones G (excepto el grupo 0), las funciones M y las palabras F, S y T activas se adoptan también en el programa siguiente.

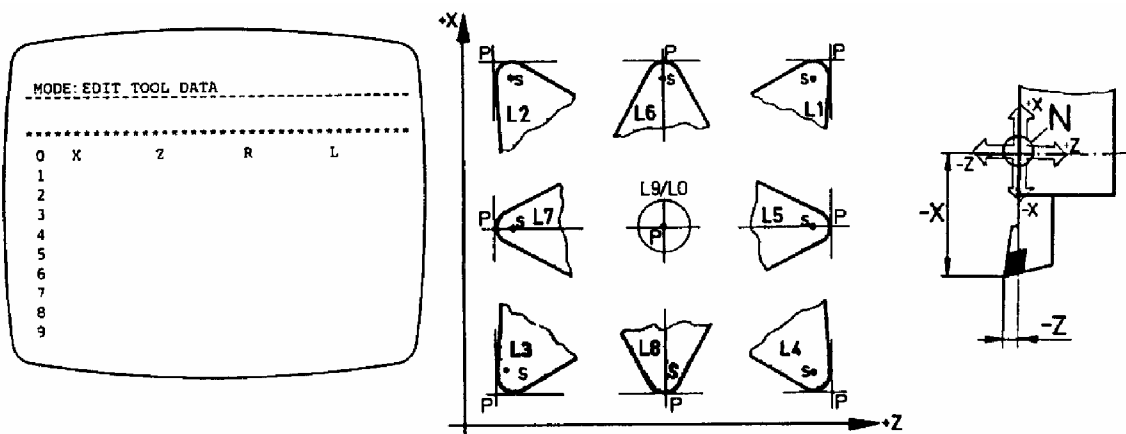
PROGRAMACIÓN DE HERRAMIENTAS

Las herramientas se programan bajo la dirección T con números de 4 cifras. Las dos primeras corresponden al número de la herramienta (posición en la torreta revolver, del 1 al 8). Las 2 siguientes corresponden al número (posición en el archivo de herramientas) bajo el cual está la corrección de la herramienta, y van del 01 al 20. Para facilidad del usuario, se acostumbra hacer coincidir el número de la herramienta con el número bajo el cual están sus datos (T0101, T0303). Cuando se está trabajando se acostumbra definir un punto fijo para el cambio de herramienta, de manera de evitar colisiones con el material en caso de usar una herramienta más larga.

- * *Corrección de la herramienta:* X y Z miden la distancia desde el punto de sujeción de la herramienta hasta el filo teórico P de la misma. R define el radio del filo de la herramienta (si es curva) y L la orientación del filo.

El filo teórico de la herramienta es el que se obtiene al intersectar las tangentes horizontal y vertical de la herramienta (punto P en el gráfico). Toda llamada de una nueva herramienta debe ser seguida por G00. Antes de alcanzar el punto de cambio de herramienta, se recomienda desconectar la corrección de la misma. Por ejemplo, si se está usando T0101 y se desea cambiar la herramienta, conviene escribir T0100, para que el punto activo de coordenadas se ubique ahora en el punto de sujeción de la herramienta y no en el filo teórico de la misma. Con esto se gana tiempo al disminuir el desplazamiento al punto de cambio de herramienta, además que el punto de sujeción de la herramienta es simétrico para todas ellas. Obsérvese que como no se cambió el número de la herramienta, la torreta no gira. Cuando se activan los datos de la herramienta (p.ej. T0303), el filo teórico (cuya ubicación está dada en el archivo de datos de herramientas) alcanzará las coordenadas que sean ingresadas por el usuario en los registros siguientes. Sin embargo, hay que ser muy cuidadoso al desactivar la corrección de la herramienta, ya que como el punto de sujeción está más “arriba” que la punta de la herramienta, al desplazarse al punto de cambio en vez de alejarse de la pieza, la torreta revólver podría (y probablemente lo hará) acercarse a la misma, golpeándola fuertemente. Por lo tanto, sólo se recomienda la desactivación de la corrección si se está en un punto que garantice que no habrá colisión. En caso de tratarse de una herramienta curva, el filo teórico no existe físicamente, lo que influye en el contorno final que resultará al introducir un registro de desbastado. Para detalles, ver G40, G41 y G42 más adelante.

T	XX	XX
	posición herramienta	# corrección herramienta

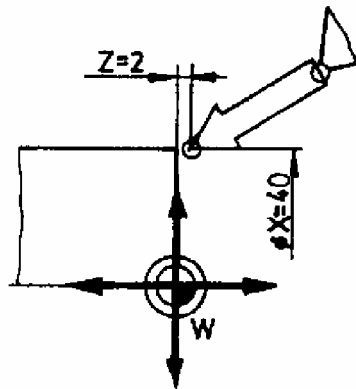


G00 MARCHA RÁPIDA

N..... Número de registro
 G00.. Marcha rápida
 X,Z.. Coordenadas absolutas
 U,W.. o incrementales
 del punto de destino

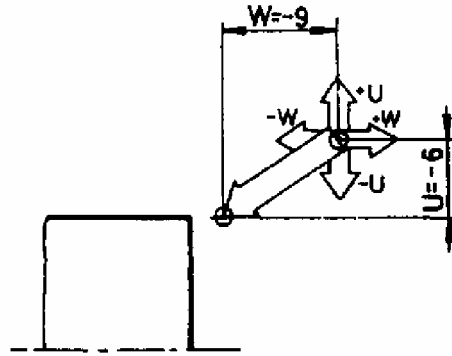
N4	G00	X ± 43 U	Z ± 43 W
		[mm]	[mm]

Programación absoluta:



N100/.....
 N110/G00/X40.000/Z2.000
 N120/.....

Programación incremental:



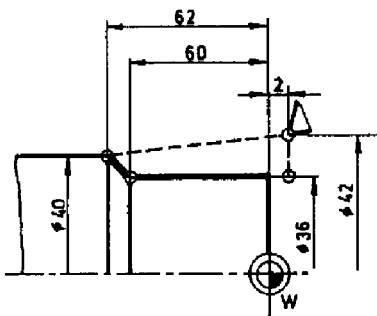
N100/.....
 N110/G00/U-6.000/W-9.000
 N120/.....

G00 es un movimiento de desplazamiento rápido. No se usa para trabajar, sino para moverse de un punto a otro con rapidez. El orden en que están X(U) y Z(W) es indiferente. Se puede también combinar X con W o U con Z en cualquier orden. La herramienta se desplaza linealmente hasta el destino.

G01 INTERPOLACIÓN LINEAL

N..... Número de registro
 G01.. Interpolación lineal
 X,Z.. Coordenadas absolutas
 U,W.. o incrementales
 del punto de destino

N4	G01	X ± 43 U	Z ± 43 W	F4
		[mm]	[mm]	[μm/rev] [mm/min]



Programación absoluta:

N100/.....
 N110/G00/X42.000/Z2.000
 N120/G00/X36.000
 N130/G01/Z-60.000/F ...
 N140/G01/X40.000/Z-62.000/F ...
 N150/G00/X42.000/Z2.000
 N160/.....

Programación incremental:

N100/.....
 N110/G00/.....
 N120/G00/U-3.000
 N130/G01/W-62.000/F.....
 140/G01/U2.000/W-2.000/F.....
 150/G00/U1.000/W64.000/
 160/.....

G01 es un desplazamiento lineal entre dos puntos. Se usa para desbastado. Es necesario indicar el avance, en las unidades en que se esté trabajando.

G02 INTERPOLACIÓN CIRCULAR EN SENTIDO HORARIO G03 INTERPOLACIÓN CIRCULAR EN SENTIDO ANTIHORARIO

N4	G02	X	Z	I ± 43	K ± 43	F4
	G03	U	W			

[mm] [mm] [mm] [mm] [μm/rev]
[mm/min]

N..... Número de registro

G02.. Interpolación lineal en el sentido horario

G03.. Interpolación lineal en el sentido antihorario

X,Z.. Coordenadas absolutas

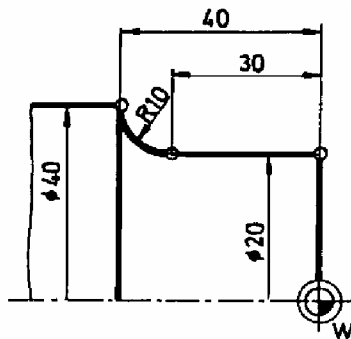
U,W.. o incrementales
del punto de destino

I..... Coordenada en eje X del centro del círculo (incremental desde el punto de comienzo del círculo)

K..... Coordenada en eje Z del centro del círculo (incremental desde el punto de comienzo del círculo)

F..... Avance

Con G02 y G03 se pueden hacer arcos de círculo desde el punto inicial al de destino.

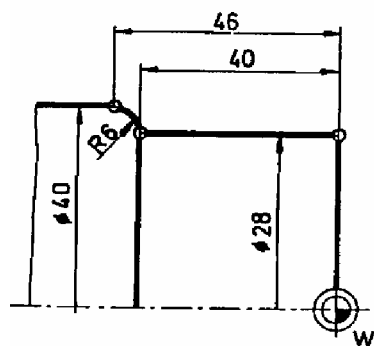
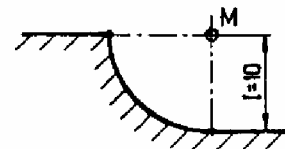


Programación absoluta:

N.../G01/X20,000/Z-30,000/F....
N.../G02/X40,000/Z-40,000/I10,000
K = 00,000/F....

Programación incremental:

N.../G01/....
N.../G02/U10,000/W-10,000/I10,000
K00,000/F....

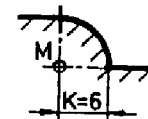


Programación absoluta:

N.../G01/X28,000/Z-40,000/F....
N.../G03/X40,000/Z-46,000/I00,000
K-6,000/F....

Programación incremental:

N.../G01/....
N.../G03/U6,000/W-6,000/I00,000
K-6,000/F....



G04 TIEMPO DE ESPERA

N4	G04	D ₄ 5
----	-----	------------------

[1/10 s]

Campo de entrada: 1 - 10000 (0,1 seg - 1000 seg)

G04 entrega un tiempo de espera, lo que permite realizar alguna medición o control. La función G04 se ejecuta al final del registro, indistintamente del orden en que aparezca en el mismo.

G33 ROSCA EN EL REGISTRO INDIVIDUAL

N..... Número de registro
G33.. Rosca en el registro individual
X,Z.. Coordenadas absolutas
U,W.. o incrementales
del punto de destino
F..... Paso de la rosca

N4	G33	X ± 43 U	Z ± 43 W	F4
		[mm]	[mm]	[μm]

Con G33 se puede hacer una rosca en una sola pasada. La herramienta efectúa el desplazamiento que genera la rosca y vuelve al punto de partida una sola vez. Se recomienda ver detalladamente G85 para entender G33, ya que se trata de ciclos similares.

G84 CICLO DE CILINDRADO

N4	G84	X ± 43 U	Z ± 43 W	P ₀ ± 43 P ₂	D ₀ 5 D ₂	D ₃ 5	F4
		[mm]	[mm]	[mm]	[μm]	[μm]	[μm/rev] [mm/min]

N..... Número de registro

G84.. Ciclo de cilindrado

X,Z.. Coordenadas absolutas

U,W.. o incrementales

del vértice del contorno K

P₀..... Medida del cono en X(U)

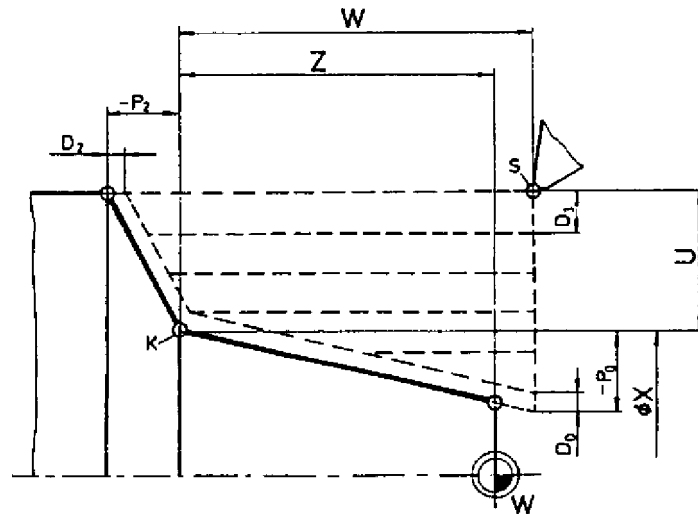
P₂..... Medida del cono en Z(W)

D₀.... Sobremedida en X(U)

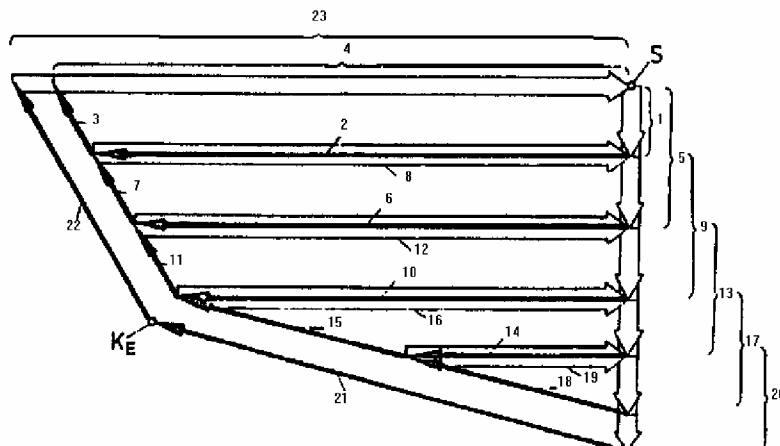
D₂.... Sobremedida en Z(W)

D₃.... Distribución del corte

F..... Avance



Proceso de movimiento:

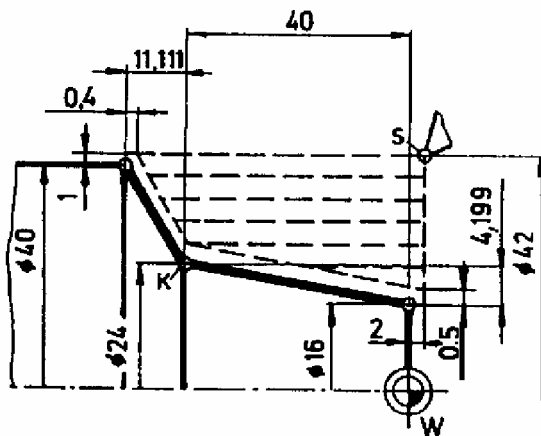


En el ciclo de cilindrado hay que programar X(U) antes que Z(W), ya que de lo contrario se trata de un refrentado. Las pasadas se realizan en forma horizontal. P_0 y P_2 sirven para producir conicidades en el cilindrado (si se desea, de lo contrario valen cero). D_0 y D_2 sirven para dejar material (en Z y X respectivamente) en las primeras pasadas, que luego es removido en la pasada final. D_3 indica cuánto debe descender la herramienta en cada pasada (profundidad de corte). Si D_3 vale cero, el cilindrado se hace en una sola pasada. En cada pasada la herramienta vuelve al punto de partida, y por lo tanto cada vez descende más (D_3 , $2D_3$, $3D_3$, etc.)

Observaciones:

1. D_3 indica la profundidad del corte. Sin embargo no necesariamente la última pasada coincide con una profundidad de corte igual a D_3 . Lo que hace el torno es calcular esto antes de empezar el ciclo, y luego reduce D_3 de manera que la última pasada coincida con el punto final.
2. Se debe tener cuidado con el signo de P_0 y P_2 para no producir conicidades en contra de la dirección de aproximación de la herramienta. Por ejemplo, si P_0 es positivo, significa que el punto K está más cerca del eje de giro (más abajo) que el extremo del cono, por lo que si la herramienta se está aproximando desde arriba, el control indicará un error (alarma).

P_0 es la medida del cono, y se mide verticalmente. Para definir P_0 se debe proyectar la línea del cono (la que pasa por K) hasta cortarla con la vertical que pasa por el punto de partida del ciclo. Una vez intersectadas estas rectas, se mide P_0 como la distancia vertical entre K y la intersección (extremos de la línea del cono). Lo mismo es válido para P_2 , sólo que la proyección del cono se intersecta con una horizontal por el punto de partida y P_2 se mide horizontalmente. Obsérvese que tanto P_0 como P_2 se miden relativamente al punto K, por lo que normalmente (como en el dibujo) son negativos.



P_0 , P_2 programados → Medidas del cono en X(U) Z(W)
 D_0 , D_2 programados → Sobremedidas de afinado
 D_3 programado → Distribución del corte

Programación absoluta:

```
N...../G00/X42.000/Z.2000
N...../G84/X24.000/Z-40.000/P0-4,199/
P2-11,111/D0 = 500/D2 = 400/
D3 = 2000/F.....
```

Programación incremental:

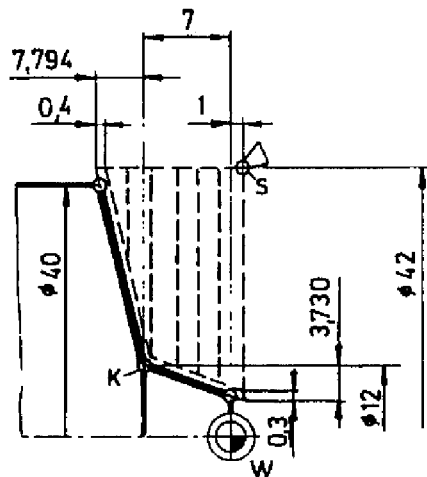
```
N...../G00/.....
N...../G84/U-9.000/W-42.000/P0-4,199/
P2-11,111/D0 = 500/D2 = 400/
D3 = 2000/F.....
```

G84 CICLO DE REFRENTADO

N4	G84	Z ± 43 W	X ± 43 U	P ₀ ± 43 P ₂	D ₀ 5 D ₂	D ₃ 5	F4
		[mm]	[mm]	[mm]	[μm]	[μm]	[μm/rev] [mm/min]

N..... Número de registro
 G84.. Ciclo de refrentado
 X,Z.. Coordenadas absolutas
 U,W.. o incrementales
 del vértice del contorno K
 P₀..... Medida del cono en X(U)
 P₂..... Medida del cono en Z(W)
 D₀.... Sobremedida en X(U)
 D₂.... Sobremedida en Z(W)
 D₃.... Distribución del corte
 F..... Avance

El ciclo de refrentado es similar al de cilindrado, sólo que se invierte el orden de X(U) y Z(W). En este caso, las pasadas son verticales (en el eje X)



P₀, P₂ programados → Medidas del cono en X(U) Z(W)
 D₀, D₂ programados → Sobremedidas de afinado
 D₃ programado → Distribución del corte

Programación absoluta:

```

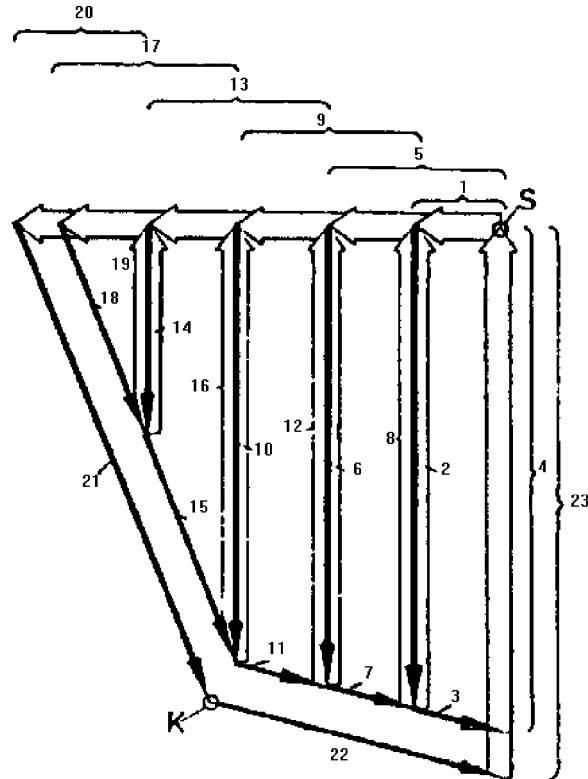
N...../G00/X42.000/Z1.000
N...../G84/Z-7.000/X12.000/P0-3,730/
      P2-7,794/D0 = 300/D2 = 400/
      D3 = 2000/F.....
  
```

Programación incremental:

```

N...../G00/.....
N...../G84/W-8.000/U-15.000/P0-3,730/
      P2-7,794/D0 = 300/D2 = 400/
      D3 = 2000/F.....
  
```

Proceso de movimiento:

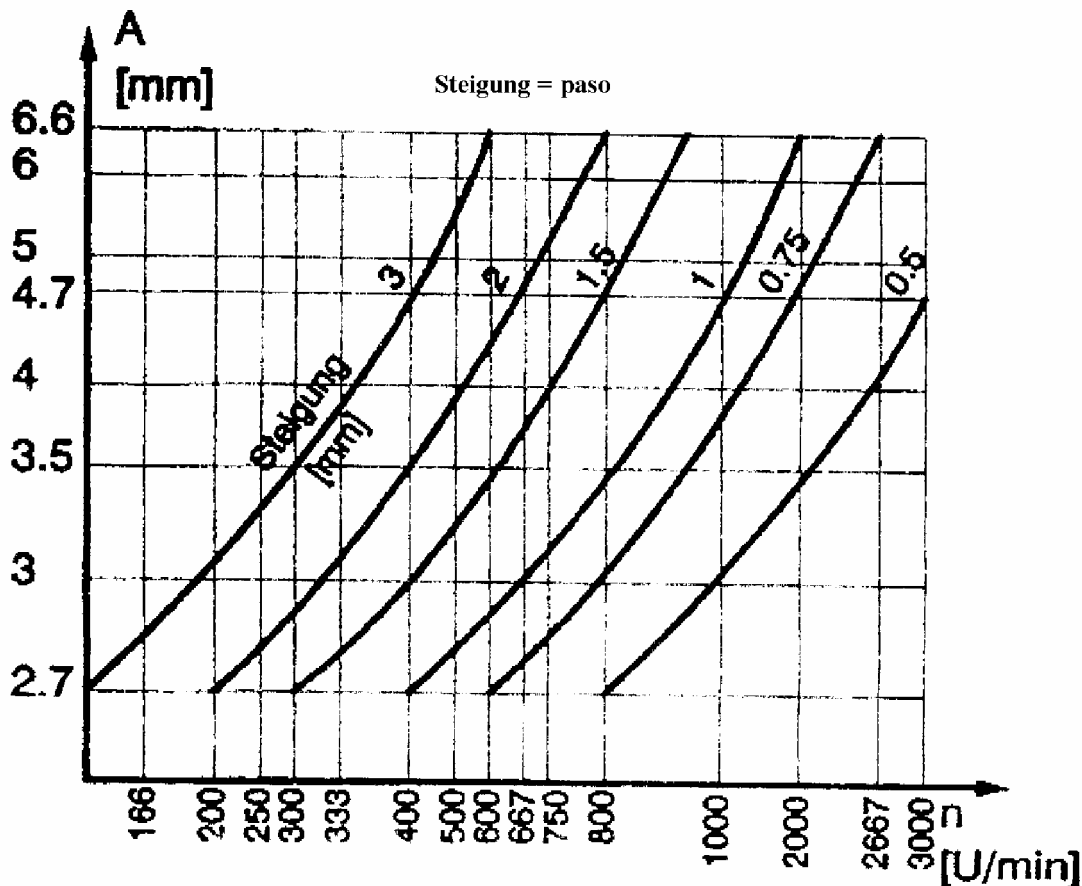


G85 CICLO DE ROSCADO LONGITUDINAL

N..... Número de registro
 G85.. Ciclo de roscado longitudinal
 X,Z.. Coordenadas absolutas
 U,W.. o incrementales
 del punto final K o N
 del roscado
 P₀.... Medida del cono
 P₂.... Salida de rosca
 D₃.... Avance o número de cortes
 D₄.... Número de cortes en vacío
 D₅.... Ángulo de los flancos
 del tornillo
 D₆.... Profundidad de rosca
 D₇.... Punto final de la rosca
 F..... Paso de la rosca

N4	G85	X ± 43 U	Z ± 43 W	P ₀ ± 43	P ₂ ± 43
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]

D ₃ 5	D ₄ 2	D ₅ 2	D ₆ 5	D ₇ 1	F 4
[μm]	[]	[°]	[μm]	[]	[μm]



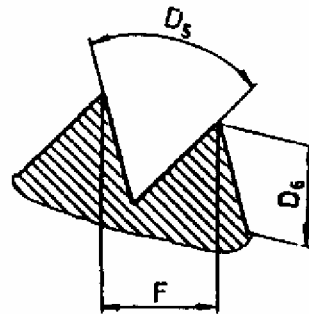
En caso que la geometría de la pieza no permita definir el punto final del ciclo (K o N) a la distancia mínima A requerida para la salida de la rosca, se usa P_2 , para que la herramienta salga en forma inclinada alejándose de la pieza. Si P_2 es mayor o igual que A, no hay problema. De lo contrario, se debe desplazar el punto de inicio del ciclo en el sentido del eje X de manera que la distancia radial entre este punto y K sea por lo menos $3A$. En caso de no cumplirse las disposiciones respecto al valor A, se producirá un paro programado (detención de la herramienta) en el punto K de la rosca durante un instante mientras el husillo gira, lo que destruirá los hilos que estén en esa zona, echando a perder todo el trabajo.

El punto final de la rosca puede ser K o N, según el valor de D_7 (ver tabla). K define el punto final de la rosca sobre el diámetro del núcleo de la misma ($D_7 = 0,1,4,5$), mientras que N lo define sobre el diámetro nominal de la rosca ($D_7 = 2,3,6,7$). Una vez definido D_7 se define D_3 . Si $D_7 = \{0 \text{ o } 2\}$ entonces D_3 representa la profundidad del primer corte. La profundidad de los cortes sucesivos disminuye de manera tal que la sección transversal de corte se mantenga constante. El control tiene como avance mínimo de corte $D_3 = 100 \mu\text{m}$, que se activa una vez alcanzado este límite (en caso de corte decreciente). Para $D_7 = \{1 \text{ o } 3\}$ el parámetro D_3 representa la profundidad de corte constante. Si $D_7 = \{4 \text{ o } 6\}$ entonces D_3 define el número de cortes con avance decreciente para hacer la rosca. Cada avance disminuye para mantener constante la sección de corte (ídem $D_7 = 0,2$), así que el control calcula la profundidad de corte en cada pasada para lograr la cantidad deseada de cortes. Por último, si $D_7 = \{5 \text{ o } 7\}$ el parámetro D_3 define el número de cortes para un avance constante. Es importante recordar que es imposible lograr un avance menor a $100 \mu\text{m}$.

Sin D ₇ D ₇ =0	Dec.:	
D ₇ =1	Const.:	
D ₇ =2	Dec.:	
D ₇ =3	Const.:	
D ₇ =4	Dec.:	
D ₇ =5	Const.:	
D ₇ =6	Dec.:	
D ₇ =7	Const.:	

Parámetro D₅

Angulo de los flancos del tornillo (D ₅)	Angulo de penetración
40°	19°
55°	26°
60°	29°
80°	39°



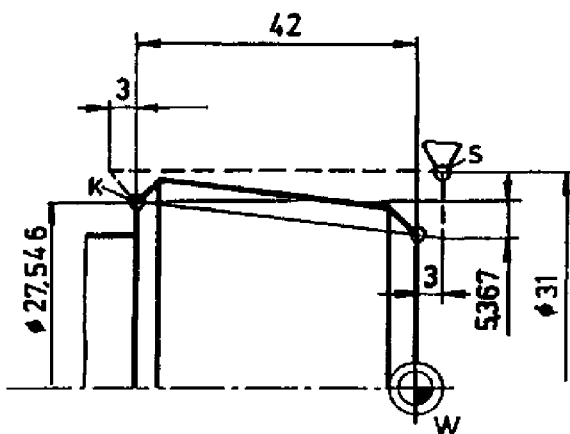
La cantidad de cortes en vacío queda determinada por el valor de D₄, que varía entre 0 y 20 (por defecto D₄=1). Esto tiene como fin lograr que sea retirado todo el material sacado en las pasadas mediante una (o varias, según el valor de D₄) pasada final de limpieza.

D₅ es el ángulo entre los flancos de la rosca. En la tabla se presentan los únicos valores admisibles para D₅. En caso de D₅ = 0, la herramienta entra por el centro hacia el vértice entre flancos. De lo contrario, la herramienta se “apoya” en uno de los flancos.

D₆ es la profundidad de la rosca. En este caso (rosca longitudinal), se mide verticalmente (sentido de X).

F es el paso de la rosca (distancia entre cúspides). Para roscas longitudinales se mide paralelamente a Z.

Observación: Tener cuidado con el sentido de giro del husillo. El punto de partida del ciclo debe estar por encima del diámetro máximo de la rosca.



Programación absoluta:

```
N...../G00/X31.000/Z3.000
N...../G85/X27.546/Z-42.000/
P0=5,367/P2=3,000/D3 = 600/
D4 = 3/D5 = 60/D6 = 1840/D7 = 1/
F....
```

Programación incremental:

```
N...../G00/.....
N...../G85/U-1.727/W-45.000/
P0 = -5,367/P2 = -3,000/D3 = 600/
D4 = 3/D5 = 60/D6 = 1840/D7 = 1/
F....
```

G85 CICLO DE ROSCADO PLANO

N..... Número de registro

G85.. Ciclo de roscado plano

X,Z.. Coordenadas absolutas

U,W.. o incrementales

del punto final K o N

del roscado

P₀..... Salida de rosca

P₂..... Medida del cono

D₃.... Avance o número de cortes

D₄.... Número de cortes en vacío

D₅.... Ángulo de los flancos
del tornillo

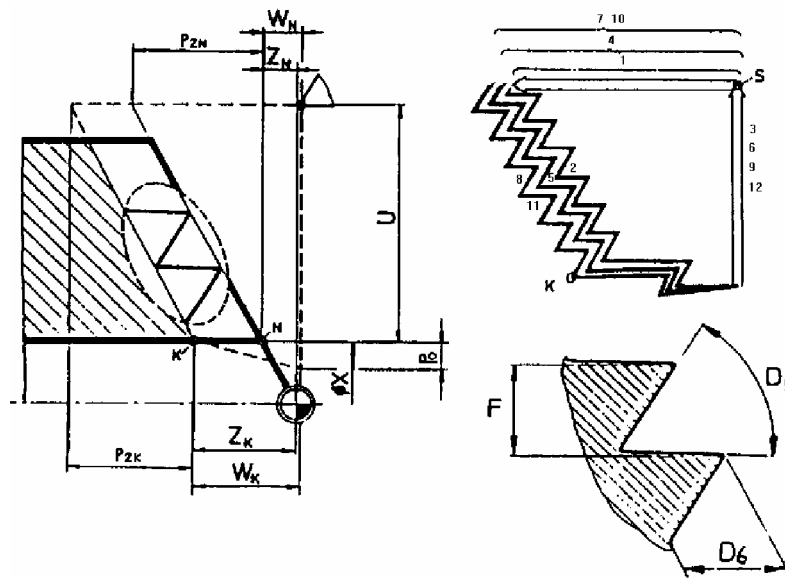
D₆.... Profundidad de rosca

D₇.... Punto final de la rosca

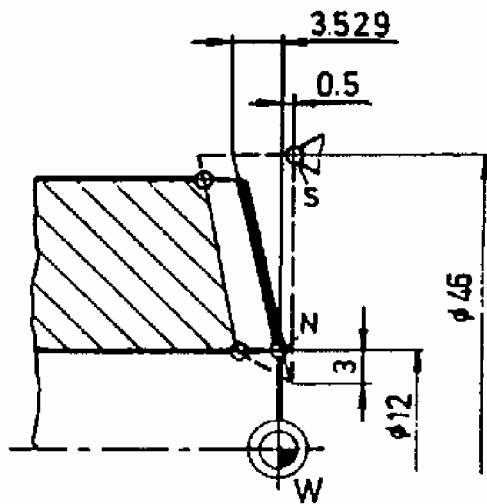
F..... Paso de la rosca

N4	G85	Z ± 43 W	X ± 43 U	P ₀ ± 43	P ₂ ± 43
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]

D ₃ 5	D ₄ 2	D ₅ 2	D ₆ 5	D ₇ 1	F 4
[μm]	[]	[°]	[μm]	[]	[μm]



Para ángulos mayores o iguales a 45°, la rosca es plana, por lo que se invierte el orden de X(U) y Z(W). En este caso no cambia el criterio para D₃, D₄ y D₅. Sin embargo, ahora D₆ se mide horizontalmente y F verticalmente. P₀ es la salida de rosca y P₂ es la medida del cono. Si P₂ vale cero, se trata de una rosca plana cilíndrica. Es importante destacar que para poder tornejar una rosca plana se debe tener la herramienta en una posición que lo permita.



Programación absoluta:

N...../G00/X46.000/Z0.500

N...../G85/Z00.000/X12.000/P₂ = -3,529/
P₀ = -3.000/D₃ = 700/D₆ = 2454/
D₇ = 2/F....

Programación incremental:

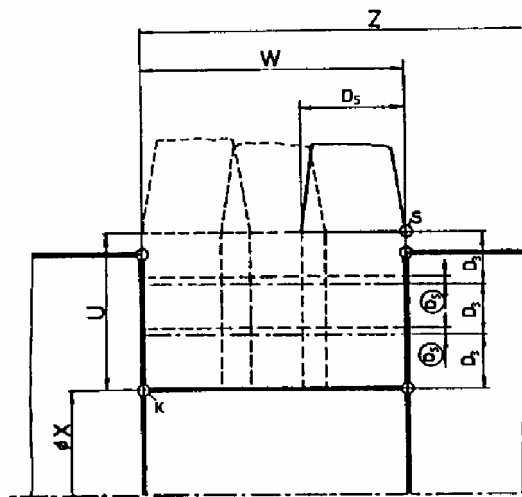
N...../G00/.....

N...../G85/W-0.500/U-17.000/
P₂ = -3,529/P₀ = -3.000/D₃ = 700/
D₆ = 2454/D₇ = 2/F.....

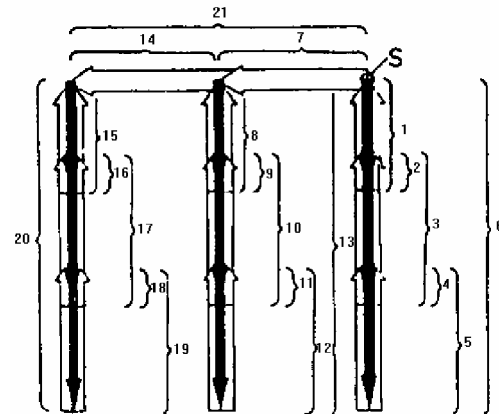
G86 CICLO DE RANURADO (En el lado longitudinal)

N4	G86	X U	Z W	D ₃ 5	D ₄ 5	D ₅ 5	F4
		± 43	± 43				
		[mm]	[mm]	[μm]	[1/10 s]	[μm]	[μm/rev] [mm/min]

N..... Número de registro
G86.. Ciclo de ranurado
X,Z.. Coordenadas absolutas
U,W.. o incrementales
del vértice del contorno K
D₃.... Avance por cada corte
D₄.... Tiempo de espera
D₅.... Ancho de la herramienta
F..... Avance

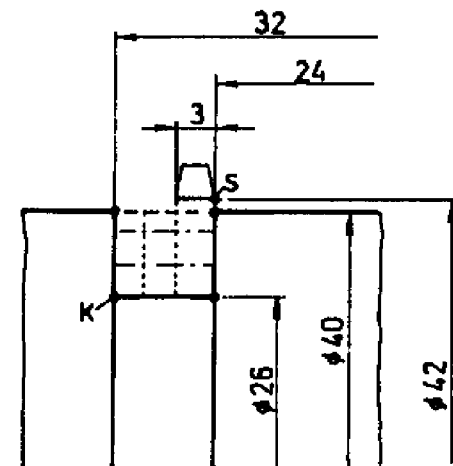


Proceso de movimiento:



Para el ciclo de ranurado longitudinal se supone que se ha acotado el borde derecho de la herramienta. Las entradas se hacen hacia el eje de giro, con una profundidad D_3 . Luego de cada entrada la herramienta retrocede $500 \mu\text{m}$ (de fábrica), que son recuperados en la entrada siguiente, hasta alcanzar la profundidad estipulada. Este retroceso aparece en el gráfico como D_5 . Una vez logrado esto, la herramienta sale de la ranura y se desplaza horizontalmente para realizar una nueva ranura. Dado que el control conoce el ancho de la herramienta (D_5), la última ranura llega justo al vértice del contorno (K). Las ranuras se traslapan $1/10 \text{ mm}$ (de fábrica). El tiempo de espera D_4 sirve para que la herramienta permanezca en la base de la ranura para un completo retiro del material cortado.

Observaciones: El ancho de la ranura debe ser mayor o igual al de la herramienta. Si D_3 vale cero, cada ranura se hace en una sola pasada.



Programación absoluta:

```
N...../G00/X42.000/Z-24.000
N...../G86/X26.000/Z-32.000/
      D3 = 1500/D4 = 50/D5 = 3000/F.....
```

Programación incremental:

```
N...../G00/.....
N...../G86/U-8.000/W-8.000/
      D3 = 1500/D4 = 50/D5 = 3000/F.....
```

G86 CICLO DE RANURADO (En el lado frontal)

N4	G86	Z ± 43 W	X ± 43 U	D ₃ 5	D ₄ 5	D ₅ 5	F4
----	-----	--------------------	--------------------	------------------	------------------	------------------	----

[mm] [mm] [μm] [1/10 s] [μm] [μm/rev]
[mm/min]

N..... Número de registro

G86.. Ciclo de ranurado

X,Z.. Coordenadas absolutas

U,W.. o incrementales
del vértice del contorno K

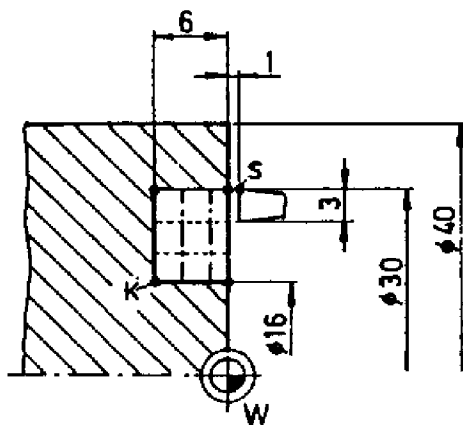
D₃.... Avance por cada corte

D₄.... Tiempo de espera

D₅.... Ancho de la herramienta

F..... Avance

Este ciclo es similar al ranurado plano, sólo que se invierte el orden de X(U) y Z(W). En este caso se supone que se ha acotado el borde superior de la herramienta, y las entradas son paralelas al eje de giro, acercándose progresivamente al mismo.



Programación absoluta:

N...../G00/X30,000/Z1,000

N...../G86/Z-6,000/X16,000/

D₃ = 2000/D₄ = 50/D₅ = 3000/F.....

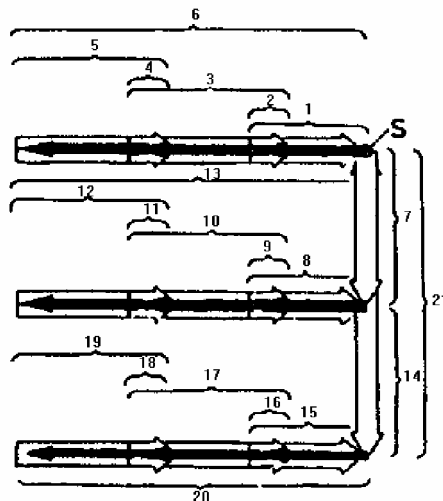
Programación incremental:

N...../G00/.....

N...../G86/W-7,000/U-7,000/

D₃ = 2000/D₄ = 50/D₅ = 3000/F.....

Proceso de movimiento:



G87 CICLO DE TALADRADO CON ROTURA DE VIRUTAS

N4	G87	Z ± 43 W	D ₃ 5	D ₄ 5	D ₅ 5	D ₆ 5	F4
		[mm]	[μm]	[1/10 s]	[%]	[μm]	[μm/rev] [mm/min]

N..... Número de registro

G87.. Ciclo de taladrado con rotura de virutas

Z..... Coordenada absoluta

W..... o incremental

del punto de destino (Z)

D₃.... Profundidad del primer corte

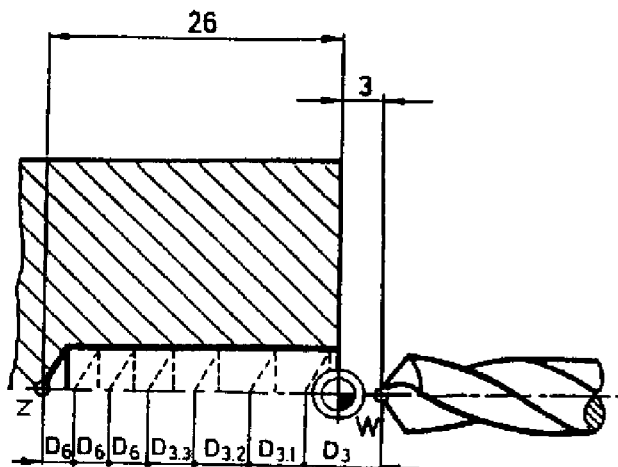
D₄.... Tiempo de espera en el punto de destino

D₅.... Porcentaje de la profundidad de corte actual en la próxima entrada

D₆.... Profundidad de taladrado mínima

F..... Avance

En este ciclo sólo se pueden hacer perforaciones sobre el eje de rotación (obviamente). G87 funciona de la siguiente manera: La punta de la herramienta avanza D₃ desde el punto de partida y luego retrocede 500 μm (de fábrica). Seguidamente recupera ese retroceso y vuelve a avanzar D₃ ponderado por D₅ en cada pasada, de manera que cada vez entra menos, hasta que se alcanza D₆, con la cual se continúa hasta el final. Si D₅ vale 100%, entonces todas las perforaciones son igualmente profundas. Si D₃ vale cero, la perforación se hace en una sola pasada. D₄ es el tiempo que permanece la herramienta en el fondo de la perforación. Por razones obvias, sólo se pueden hacer perforaciones del diámetro de la broca en uso.



Programación absoluta:

N...../G00/X00.000/Z3.000

N...../G87/Z-26.000/D₃ = 7000/D₄ = 50/

G88 D₅ = 80/D₆ = 3000/F.....

Programación incremental:

N...../G00/.....

N...../G87/W-29.000/D₃ = 7000/D₄ = 50/

G88 D₅ = 80/D₆ = 3000/F.....

G88 CICLO DE TALADRADO CON EVACUACIÓN

N4	G88	Z ± 43 W	D ₃ 5	D ₄ 5	D ₅ 5	D ₆ 5	F4
		[mm]	[μm]	[1/10 s]	[%]	[μm]	[μm/rev] [mm/min]

N..... Número de registro

G88.. Ciclo de taladrado con evacuación

Z..... Coordenada absoluta

W..... o incremental
del punto de destino (Z)

D₃.... Profundidad del primer corte

D₄.... Tiempo de espera en el punto de destino

D₅.... Porcentaje de la profundidad de corte actual en la próxima entrada

D₆.... Profundidad de taladrado mínima

F..... Avance

El ciclo G88 es similar al ciclo G87, sólo que en este caso la broca retrocede hasta el punto de partida luego de cada perforación. Los parámetros funcionan igual que en G87.

G96 VELOCIDAD DE CORTE CONSTANTE

N4	G96	S4
		[m/min]

Con G96 se ajusta la velocidad de giro del husillo, de manera que la velocidad de corte de la herramienta (velocidad tangencial) sea siempre constante. Este comando está ligado con G92.

G97 PROGRAMACIÓN DIRECTA DE LA VELOCIDAD DE GIRO

N4	G97	S4
		[rev/min]

Con G97 se da la orden al torno de mantener una velocidad de giro constante en todo momento.

G94 INDICACIÓN DEL AVANCE EN mm/min (1/100 inch/min)

N4	G94
----	-----

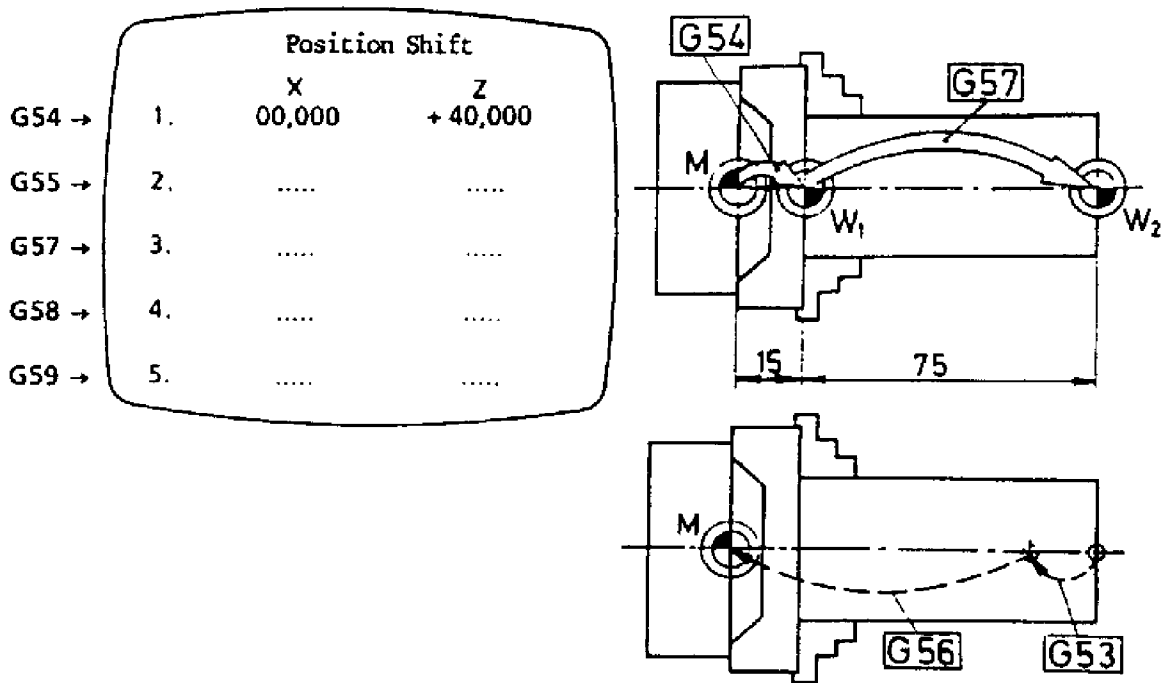
G94 se usa para indicar avance en mm/min (1/100 inch/min)

G95 INDICACIÓN DEL AVANCE EN $\mu\text{m}/\text{rev}$ (1/10000 inch/rev)

N4	G95
----	-----

G95 se usa para indicar avance en $\mu\text{m}/\text{rev}$ (1/10000 inch/rev)

G53 - G59 LLAMADAS DE DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO CERO



Los parámetros G54, G55, G57, G58 y G59 sirven para cambiar el origen de coordenadas. Normalmente éste se encuentra en la base del husillo, pero mediante estos parámetros este origen puede ser localizado en algún punto de interés, pudiéndose luego volver al origen inicial. Para dar entrada a los valores de los parámetros, es necesario entrar al modo PSO (Position Shift Offset), presionando la tecla EDIT (a la derecha del monitor) y luego SHIFT G^(*). Se verán en pantalla 5 líneas numeradas (1=G54, 2=G55, 3=G57, 4=G58 y 5=G59) con su respectiva posición X,Z con respecto a la base del husillo. Ya en el modo PSO se ingresa el número de llamada a cambiar (número y ENTER), luego se ingresan los datos deseados, y finalmente se sale del mismo. Con ello quedan grabadas las coordenadas de las llamadas de desplazamiento, las que luego pueden ser accedidas desde el programa. Si en algún registro aparece una llamada de desplazamiento, el origen de coordenadas se desplaza al punto previamente introducido en el modo PSO. Todas las coordenadas siguientes son referidas a este nuevo origen. G54 y G55 pertenecen a un mismo grupo, por lo que sólo puede estar activo uno de los dos parámetros. Si G54 está activo y se introduce la palabra G55, entonces se desactiva G54 y se activa G55. Por otra parte, G53 desactiva la llamada activa en ese momento de su mismo grupo (G54 o G55). Lo mismo ocurre dentro del grupo 5 (G56, G57, G58 y G59), siendo G56 la palabra de desactivación. Es posible tener activas dos llamadas de desplazamiento, siempre y cuando no pertenezcan al mismo grupo. En ese caso, las llamadas de desplazamiento se suman, es decir, si había una activa, la nueva llamada se mide desde el origen de coordenadas que la llamada anterior definió. Se debe tomar en cuenta que al cambiar el origen de coordenadas no hay ningún desplazamiento físico de la herramienta. Un caso especial es G59 ya que las coordenadas de esta llamada pueden ser modificadas desde el programa, sin necesidad de entrar al modo PSO. Para esto se usa G92-Indicaciones para llamada de desplazamiento 5, que se verá seguidamente.

^(*) Al final del manual se explica la ubicación de todas las teclas necesarias para hacer esto.

G92 LIMITACIÓN DE LA VELOCIDAD DE GIRO

N4	G92	S4
----	-----	----

[rev/min]

La función G92 es una función doble. Si se programa junto con el parámetro S, se entiende que es la velocidad máxima de giro, que es necesaria en caso de haber programado G96 (velocidad de corte constante), porque al acercarse la herramienta a $X=0$ (eje de rotación), la velocidad de giro tiende a infinito, perdiéndose fuerza de sujeción en las mordazas del husillo.

G92 INDICACIONES PARA LLAMADA DE DESPLAZAMIENTO 5

N4	G92	X U	Z W
		± 43	± 43

[mm] [mm]

Si se programa G92 en unión con X(U) y Z(W), se entiende que es para cambiar las coordenadas de G59 (llamada de desplazamiento 5). Si se introducen valores con X y Z, éstos sustituyen a los anteriores en el registro de G59. Si se usan U y W, los nuevos valores se suman (o restan, según el signo) a los anteriores en el registro. Se pueden combinar X,Z,U y W. G92 sólo cambia los valores, debiendo usarse G59 para activar la llamada.

Advertencia: no debe programarse G59 en el mismo registro que G92.

Valores antiguos

5.	50,000	70,000
----	--------	--------



Valores nuevos

5.	00,000	10,000
----	--------	--------

N0100/G92/X00,000/Z10,000

Valores antiguos

5.	00,000	20,000
----	--------	--------



Valores nuevos

5.	00,000	50,000
----	--------	--------

N0100/G92/U00,000/W30,000

G25 LLAMADA DE SUBPROGRAMA

N4	G25	L4 o L5
----	-----	---------------

Con G25 se puede llamar un subprograma existente. El control considera subprogramas a aquellos que van desde O0080 hasta O0255. La dirección L sirve para indicar el número de subprograma, así como la cantidad de pasadas del mismo. Los dos últimos dígitos indican el número de pasadas (01 - 99), y los dos primeros (o tres primeros) indican el número de subprograma que se está llamando. Un subprograma tiene la misma estructura que un programa. El torno permite que un subprograma llame a otro a su vez (anidamiento). Se pueden hacer hasta 10 anidamientos a la vez, y cuando un subprograma finaliza, se vuelve al registro siguiente en el programa (o subprograma) desde el cual fue llamado.

EJ: N0040 G25 L12305

⇒ Ejecutar 5 veces el subprograma #123

G26 LLAMADA DE PROGRAMAS DE POLÍGONOS

N4	G26	L4
----	-----	----

Los números de programas de polígonos van del O7000 al O9999. Esta función no está activa por el momento en este torno CNC.

G27 SALTO INCONDICIONADO

N4	G27	L4
----	-----	----

Con G27 se indica al torno que debe saltar hasta un registro determinado. Con el parámetro L se indica el número del registro al cual saltar, sin ejecutar los de al medio.

Ejemplo: N100 G27 L250 (Salta del registro 100 al 250)

G70 PROGRAMACIÓN EN PULGADAS

N4	G70
----	-----

Si se escribe G70 al principio del programa, se calculan todas las dimensiones en pulgadas.

G71 PROGRAMACIÓN EN MILÍMETROS

N4	G71
----	-----

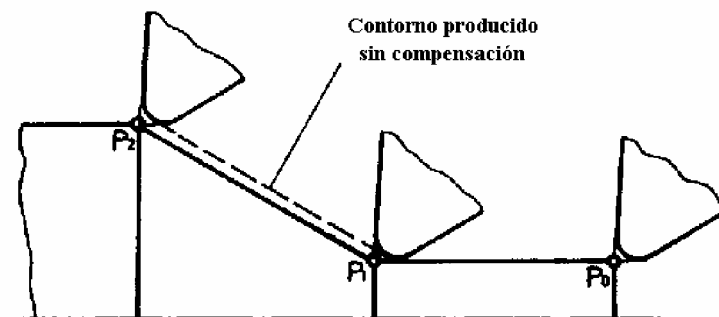
Si se escribe G71 al principio del programa, se calculan todas las dimensiones en milímetros.

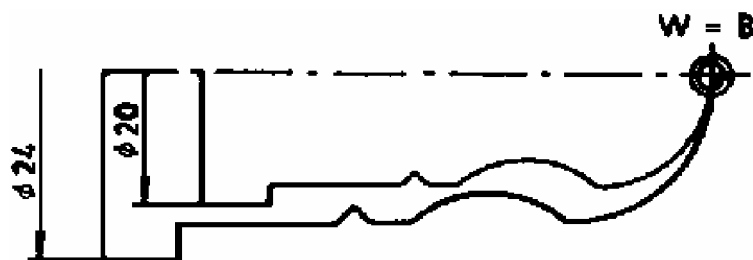
G40, G41, G42 COMPENSACIÓN DEL RADIO DE LA HERRAMIENTA

La compensación del radio de la herramienta se hace necesaria cuando se usa una herramienta curva, ya que por la geometría de la misma el punto de corte va cambiando constantemente. Existen dos compensaciones: G41 (a la izquierda) y G42 (a la derecha). Para saber cuál usar, se debe ver en dirección del movimiento relativo de la herramienta respecto a la pieza (es como “perseguir” a la herramienta) y luego ver de qué lado de la pieza se encuentra la herramienta de corte. Si está a la izquierda, se usa G41. Si está a la derecha, G42. El torno necesita saber también el radio (R) y la orientación del filo (L). Estos datos están en los archivos de herramientas. Si no se usa corrección de radio (G40), el punto de corte es el filo teórico de la herramienta (P). Para activar la corrección, hay que saber cómo llegar a la pieza.

Primeramente se debe estar fuera de la pieza y luego se hace una aproximación al punto más extremo de la misma con G01, y en el mismo registro de G01 se debe activar G41 o G42, según el caso. La herramienta se acercará entonces hasta que el punto de tangencia toque al punto (X(U),Z(W)) indicado en el registro. De ahí en adelante la herramienta se moverá de manera tal que siempre sea el punto tangente el que se desplace por la trayectoria que definen los registros. Hay que tener sumo cuidado con la compensación de radio. El control (una vez activada la compensación) entiende que la herramienta de corte es un círculo suspendido en el aire. Si, por ejemplo, se quiere llegar a un punto X_1, Z_1 con corrección de radio, la herramienta se acercará sólo hasta que se toque tangente a la línea $X_1, Z_1 - X_2, Z_2$, siendo X_2, Z_2 el punto en el registro siguiente. Puede ser que el punto del círculo que “toque” la recta $X_1, Z_1 - X_2, Z_2$ no esté en la zona de corte de la herramienta, sino que dentro de la misma (por ejemplo en la zona punteada del círculo en el último gráfico de este punto). Dado que el torno conoce en cada momento el registro anterior, el actual y el siguiente, es posible que el punto X_1, Z_1 no sea alcanzado, ya que si así fuera la herramienta atravesaría la recta $X_1, Z_1 - X_2, Z_2$. Para desactivar la corrección del radio, se debe recorrer todo el contorno deseado de la pieza con corrección (hasta el punto final deseado) y luego debe seguir un registro que contenga la función G00 (en un punto X(U),Z(W) exterior a la pieza) y que además contenga la función G40. Ya está desactivada la corrección de radio!! La activación y desactivación de la corrección se hacen al final del registro.

Observaciones: No importa el ángulo de llegada desde el punto exterior a la pieza al punto de inicio de la corrección, ya que el control hace los cálculos y movimientos necesarios para no dañar la pieza en el trayecto. Hay que programar al menos 2 registros entre activación/desactivación de corrección. Se debe desactivar la corrección antes de cambiar la herramienta.





Con G51 se puede ejecutar a escala (reducción o ampliación) un programa ya existente, lo cual es útil si, por ejemplo, el material con que se cuenta es de distinto diámetro al que se usó en el momento de programar. Se debe entrar el punto de referencia B, que es aquel con respecto al cual se hace el escalamiento. El parámetro P_7 es la escala a usar. Para calcular P_7 , se divide la medida actual por la medida antigua. Por ejemplo, si el programa está hecho para un diámetro de 24 mm. y Ud. cuenta con una pieza de 20 mm., entonces $P_7 = 20/24 = 0.833$. Para hacer un escalamiento, se debe editar un programa ya hecho y agregar un registro al principio con G51. Al final del programa se escribe un registro con G50, que desactiva el escalamiento.

Observaciones: el escalamiento es en ambos ejes (X y Z). Los pasos de rosca no son ampliados o reducidos por G51.

M03 HUSILLO CONECTADO EN SENTIDO HORARIO

N4	M03
----	-----

Se conecta el husillo en sentido de giro horario. El sentido de giro se observa desde la base del husillo hacia el extremo opuesto (extremo libre) de la pieza. La velocidad de rotación está previamente dada por el parámetro S (en G96 o G97).

M04 HUSILLO CONECTADO EN SENTIDO ANTIHORARIO

N4	M04
----	-----

M05 PARO DEL HUSILLO

N4	M05
----	-----

El husillo deja de girar.

M19 PARO EXACTO DEL HUSILLO

N4	M19	S4
----	-----	----

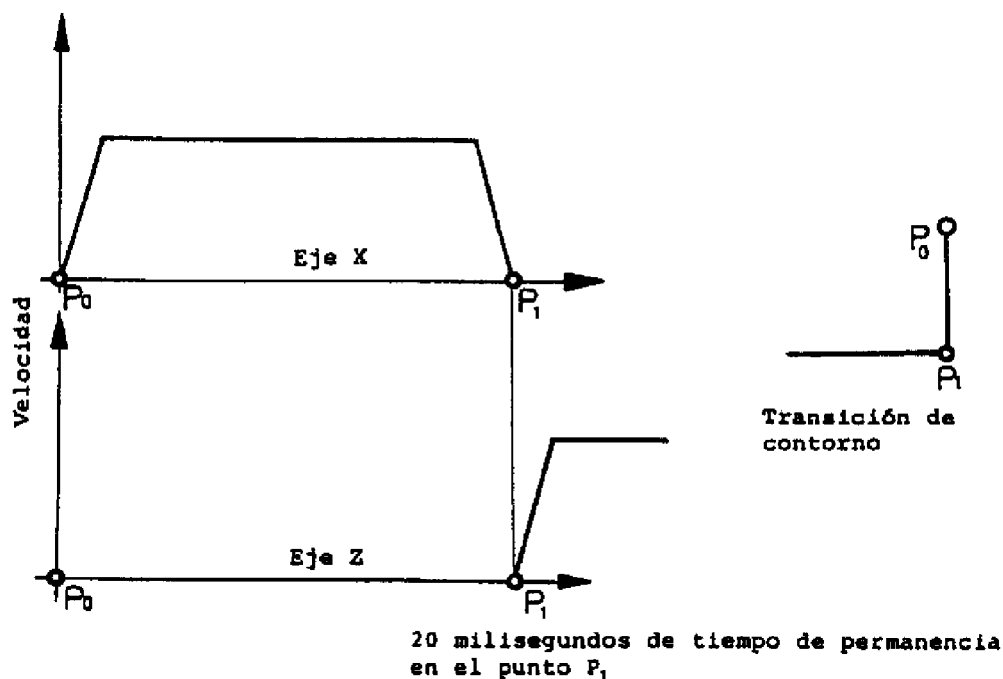
[°]

Con M19 se puede hacer que el husillo pare en un punto exacto, que se introduce bajo S (ángulo en grados). Los valores de S van de 0 a 360. Esta función no está habilitada.

M38 PARO EXACTO CONECTADO

N4	M38
----	-----

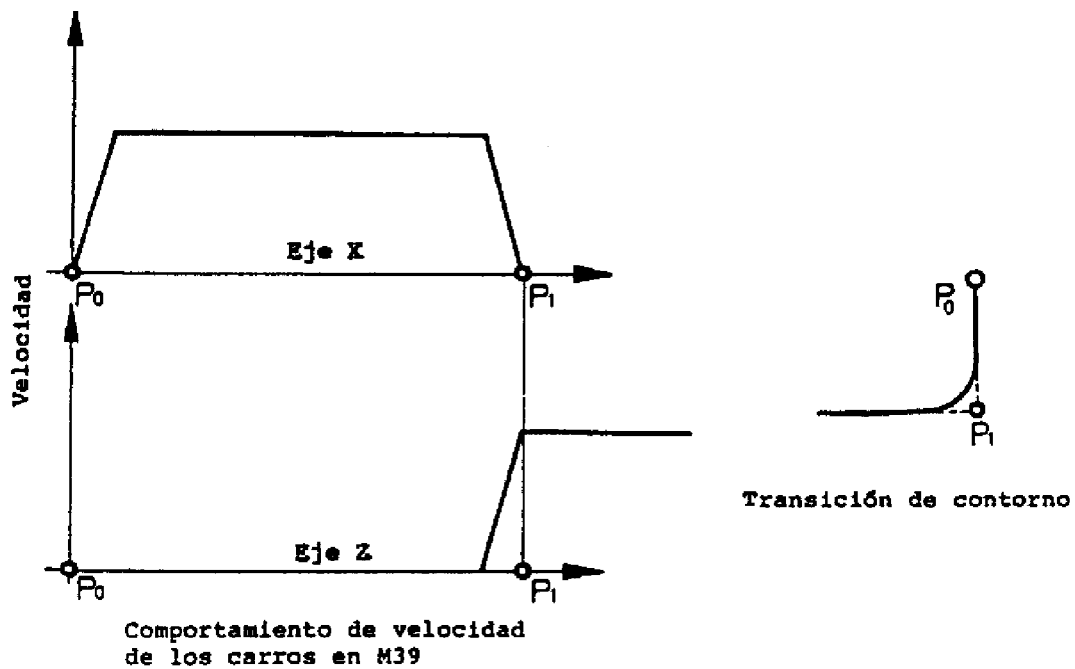
Con M38, al ejecutar el movimiento de un registro cualquiera, el equipo espera 20 milisegundos antes de empezar el registro siguiente. Por lo tanto no hay superposición de registros en el sentido que no ocurren dos movimientos simultáneos. La desventaja de M38 es que cuesta tiempo parar los carros (de movimiento) por completo.



M39 PARO EXACTO DESCONECTADO

N4	M39
----	-----

Con M39, el equipo empieza el registro siguiente un poco antes de terminar el actual, de manera que hay superposición de registros. Por lo tanto, el contorno es más suave (curva de transición) que con M38. Mientras mayor la velocidad de avance, mayor es el radio de la curva de transición.



M00 PARO INTERMEDIO PROGRAMADO

N4	M00
----	-----

Se detienen los carros, se desconecta el husillo y el refrigerante. Esta función permite realizar mediciones de control de calidad y limpieza.

M17 FINAL DE SUBPROGRAMA

N4	M17
----	-----

Un subprograma se termina con M17, lo cual hace retornar al registro siguiente del cual fue llamado el subprograma.

M30 FINAL DEL PROGRAMA CON REGRESO AL INICIO

N4	M30
----	-----

Con M30 se indica que ha finalizado el programa. Adicionalmente se desconecta el refrigerante, el husillo y la compensación de radio de herramienta.

M08 REFRIGERANTE CONECTADO

N4	M08
----	-----

M09 REFRIGERANTE DESCONECTADO

N4	M09
----	-----

M25 (M26) ABRIR (CERRAR) EL ELEMENTO DE SUJECCIÓN

No están activas estas funciones

M20 (M21) PINOLA DE CONTRAPUNTO ADELANTADO (RETRASADO)

No están activas estas funciones

M23 (M24) CUBETA DE RECOGIDA RETRASADA (ADELANTADA)

No están activas estas funciones

M50 (M51) DESACTIVACIÓN (ACTIVACIÓN) DE LA LÓGICA DE GIRO DE LA TORRETA REVÓLVER

No están activas estas funciones

M52 (M53) DESACTIVACIÓN (ACTIVACIÓN) DEL AUTOMATISMO DE LA PUERTA

No están activas estas funciones

OPERACIÓN DEL CONTROL PARA ESCRIBIR, EDITAR Y GRABAR PROGRAMAS Y PARA TRABAJAR SIN RUTINA DE PROGRAMACIÓN

Ahora que ya hemos visto los comandos que usa el torno para manufacturar piezas, estamos en condiciones de programar. Lo primero que hay que hacer es reconocer cómo está estructurado el control. En la parte superior izquierda está el monitor, que indica las coordenadas actuales (en todo momento), así como el modo de funcionamiento y las alarmas (zona superior). Debajo del mismo hay cinco teclas que tienen variadas funciones, las cuales están indicadas en la parte inferior del monitor para cada caso. A la derecha del monitor hay 4 teclas azules que indican el modo de funcionamiento del equipo (AUTOMATIC, EDIT, EXECUTE y MANUAL). Debajo de estas teclas azules están las teclas de caracteres (que son dobles, mediante el uso de la tecla SHIFT), las teclas numéricas (incluyendo el punto y el cambio de signo +/-) y las teclas para edición de texto (ENTER, STORE-NEXT, PREVIOUS, CLEAR-BLOCK, CLEAR-ENTRY, CLEAR-PROGRAM, CLEAR-WORD y SHIFT). En la parte inferior del control, de izquierda a derecha, están las teclas para el movimiento de la herramienta (ejes X y Z), la tecla de encendido del husillo (verde) y de detención del mismo, la tecla RESET (roja) y la tecla CYCLE-START (verde), y por último una perilla que controla la velocidad de avance F de la herramienta respecto a la programada (0% - 120%). En el extremo derecho del control hay un botón de seguridad (rojo), que se usa en caso de emergencia, provocando una detención total del equipo. En realidad, existen otras teclas adicionales, pero para todos los casos prácticos no son usadas en la actualidad.

Cómo encender el torno CNC: al encender el torno mediante la llave, aparecerán 2 alarmas. Se debe presionar la tecla CLEAR-ENTRY y luego AUX ON (debajo de las teclas de edición de texto). Luego se debe desplazar la herramienta hasta que las dos marcas (color naranja) se posicionen sobre las líneas a 90° que están en el torno. Luego se debe seleccionar REFERENCE (tecla bajo el monitor) y seguidamente CYCLE-START. El torno buscará el punto de referencia inicial. Luego, se debe presionar la tecla central de la sección de teclas para el movimiento de la herramienta (MAN.JOG.) y simultáneamente la tecla de cambio de herramienta



que se encuentra justo encima de la tecla CYCLE-START. La torreta revólver girará y en ese momento el equipo está listo para trabajar.

Cómo escribir un programa: para escribir el programa, se debe presionar la tecla EDIT. Seguidamente, se debe escribir el número del programa (uno que no exista previamente en la memoria), para lo cual se escribe O (SHIFT N), el número de programa y luego ENTER. El monitor dirá NEW, reconociendo un nuevo programa. Acepte con ENTER. Seguidamente, el control sugerirá un número para el primer registro. Para aceptar, presionar ENTER. De lo contrario, borrar el número (ya sea con CLEAR-ENTRY, que borra un lugar hacia atrás, o con CLEAR-WORD, que borra toda la palabra) y digitar el deseado. Una vez aceptado el número de registro, se escriben las palabras una por una usando ENTER. Para pasar a un nuevo registro, presionar STORE-NEXT. Nuevamente se

sugerirá un número de registro, que es aceptado con ENTER. La tecla SHIFT sirve para poder digitar los caracteres dobles. Una vez ingresada la palabra M30, el control guarda en memoria el programa. Si en algún momento Ud. desea agregar un registro intermedio, escríbalo y el control lo ubicará en donde corresponda.

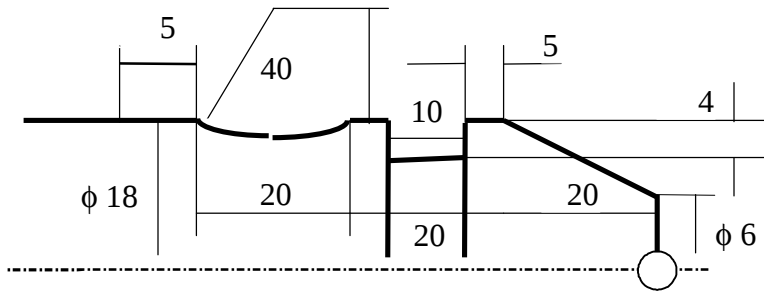
Cómo editar un programa: en modo EDIT, se ingresa el programa a editar (p.ej. 00504). Aparecen en pantalla los registros del mismo, pudiendo ser modificados. Para avanzar registros, usar la tecla STORE-NEXT. Para retroceder, usar PREVIOUS. El monitor muestra en la esquina inferior izquierda el registro en el que se está actualmente, pudiéndose ingresar un registro cualquiera, a lo cual el control responderá llevándonos a ese registro.

Cómo ejecutar un programa: Una vez editado un programa, éste puede ser ejecutado entrando al modo AUTOMATIC. Una vez allí, mediante las teclas que están bajo el monitor se puede seleccionar SINGLE (que permite la ejecución registro a registro, siendo necesario usar la tecla CYCLE-START para ejecutar cada registro) y/o DRYRUN (que permite ejecutar el programa sin que gire el husillo). En caso de no estar seleccionada ninguna de estas funciones, el programa se ejecuta de principio a fin. Conviene siempre ejecutar por primera vez un programa son SINGLE y DRYRUN, ya que permite revisar que no haya colisiones entre la herramienta y el husillo, o que no se ejecuten movimientos innecesarios. Sin embargo, es importante destacar que en caso de no cumplirse las disposiciones sobre A (en G85, el ciclo de roscado) se producirá un paro programado sólo en ejecución completa (sin SINGLE y sin DRYRUN), por lo que también se recomienda una ejecución de este tipo antes de insertar la pieza en el husillo.

Cómo ejecutar registros individuales: si se entra al modo EXECUTE (presionando la tecla del mismo nombre), se puede hacer que el torno ejecute registros a medida que los mismos van siendo ingresados por Ud. Para esto, debe escribir el registro que desee, tal cual como lo haría si estuviera programando. Cuando termine de escribir el registro, presione CYCLE-START, y el torno lo ejecutará. Puede hacer esto tantas veces como quiera, e incluso puede hacer llamadas de desplazamiento, corrección de radio, etc.

Cómo trabajar libremente: si se entra al modo MANUAL, es posible trabajar en forma libre (sin secuencia de programación). Para mover la herramienta en ambos ejes, se usan las teclas en la esquina inferior izquierda. Las flechas indican el movimiento a ejecutar, pero es necesario presionar simultáneamente la tecla central (MAN.JOG.). El husillo se enciende mediante la tecla ON (de color verde), a la derecha de las teclas recién mencionadas, y se apaga mediante la tecla OFF (justo a la derecha). Si quiere invertir el sentido de giro del husillo debe presionar simultáneamente SHIFT ON. Para cambiar de herramienta, se debe presionar MAN.JOG. y al mismo tiempo la tecla de cambio de herramienta.

EJEMPLO 1 - PROGRAMA O501



N0000	T0303	Selección herramienta de desbastado con corrección
N0010	G96 S200 G95 G54 G56 G71 G40 M08 M04	Velocidad de corte constante a 200 m/min; avance en $\mu\text{m}/\text{rev}$; activación llamada de desplazamiento 1; desactivación llamadas 3,4,5; medidas en mm; supresión corrección de radio; refrigerante conectado; husillo activado en sentido antihorario
N0020	G00 X25. Z0.	Desplazamiento rápido a (X25 , Z0)
N0025	G92 S2400	Velocidad máxima de giro de 2400 rpm
N0030	G01 X-2. F100	Desplazamiento lineal a (X-2 , Z0) a 100 $\mu\text{m}/\text{rev}$
N0040	X19. Z1. F250	Desplazamiento lineal a (X19 , Z1) a 250 $\mu\text{m}/\text{rev}$
N0050	Z-65.	Desplazamiento lineal a (X19 , Z-65) a 250 $\mu\text{m}/\text{rev}$
N0060	G00 U1. Z1.	Desplazamiento rápido a (X21 , Z1)
N0070	G84 X18. Z-20. P ₀ =-6.3 D ₀ =500 F250 D ₃ =1000	Ciclo de cilindrado con destino (X18 , Z-20); conicidad P ₀ =6.3 mm; sobremedida en X de 0.5 mm; avance de 250 $\mu\text{m}/\text{rev}$; profundidad de corte de 1 mm
N0080	G96 S250	Velocidad de corte constante de 250 m/min
N0085	T0300	Referencia de herramienta en punto de sujeción de la misma
N0090	G00 X50. Z25.	Desplazamiento rápido a (X50 , Z25)
N0100	T0101	Selección herramienta de acabado con corrección
N0110	G00 X5.4 Z1. G42	Desplazamiento rápido a (X5.4 , Z1.); corrección de radio por la derecha
N0120	G01 X18. Z-20. F100	Desplazamiento lineal a (X18 , Z-20)

N0130	W-20.	a 100 $\mu\text{m}/\text{rev}$ Desplazamiento lineal a (X18 , Z-40)
N0140	G02 U0. W-20. I40. K-10. F100	a 100 $\mu\text{m}/\text{rev}$ Interpolación circular (horaria) con destino (X18 , Z-60); centro en (X98 , Z-50); avance de 100 $\mu\text{m}/\text{rev}$
N0145	G01 Z-65.	Desplazamiento lineal a X(18 , Z-75)
N0150	G00 X50. Z25. G40	a 100 $\mu\text{m}/\text{rev}$ Desplazamiento rápido a (X50 , Z25); supresión de corrección de radio
N0160	T0707	Selección herramienta de ranurado con corrección
N0170	G00 X19. Z-25.	Desplazamiento rápido a (X19 , Z-25)
N0180	G86 X10. W-10. D ₃ =2000 D ₄ =10 D ₅ =2200 F200	Ciclo de ranurado con destino (X10 , Z-35); profundidad de pasada 2 mm; tiempo de espera 1 seg. en base de ranura; ancho de herramienta 2.2 mm; avance de 200 $\mu\text{m}/\text{rev}$
N0190	T0700	Referencia de herramienta en punto de sujeción
N0200	G00 X50. Z25.	Desplazamiento rápido a (X50 , Z25)
N0210	T0000	Ninguna herramienta y ninguna corrección
N0220	M30	Final del programa con regreso al inicio

Procesos y ciclos:

1. Refrentado: N0030
2. Cilindrado: N0050
3. Cilindrado: N0070
4. Acabado: N0120 – N0145 (incluye interpolación circular en N0140)
5. Ranurado: N0180

Observaciones:

- ⇒ El registro N0025 no puede incluirse en el registro N0010, ya que la dirección S no puede aparecer dos veces con distintos valores.
- ⇒ En N0040 y N0050 no se indica función (función automantenida)
- ⇒ En el registro N0050 no se indica avance porque se mantiene el último ingresado (F250, en N0040).
- ⇒ En N0145 ocurre lo mismo que con N0050, incluso para un cambio de ciclo entre N0140 y N0145 (G02 a G01).

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de programación – torneado EMCOTRONIC TM02
- Modo de empleo EMCOTURN 120-120P con EMCOTRONIC TM02
- Faxes recibidos de EmcoMaier desde Austria