



# FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

## Control Numérico

---

### Tema 03: Programación CNC



# Índice



- 1. Introducción a la programación**
- 2. S.R.<sub>máquina</sub> – S.R.<sub>pieza</sub>. Triedros de referencia**
- 3. Hoja de procesos**
- 4. Funciones de programación**
- 5. Ejemplos**

# Introducción a la programación

**Conjunto de líneas o bloques que:**

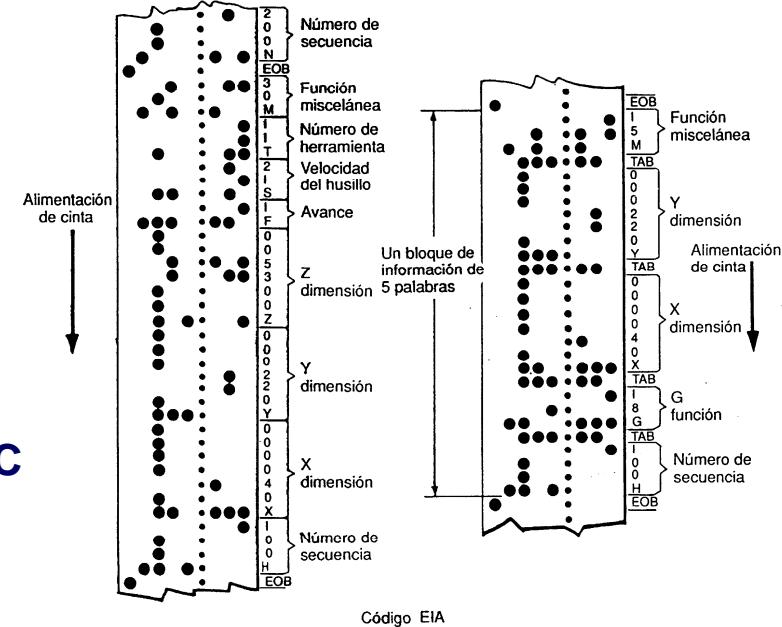
- Gobiernan el movimiento de los ejes de la máquina
- Información dimensional de la pieza a fabricar
- Introducen datos tecnológicos del proceso concreto
  - Ejecución secuencial
  - Se guardan en archivos de texto en formato ASCII

}

**fabricar pieza**

**Almacenamiento de datos:**

- años 70 → cintas perforadas
- desarrollo PC's → soportes magnéticos  
(disquetes, cintas, etc.)
- actualidad → disco duro del CNC
- futuro → integrar los CNC como si fueran un PC  
más dentro de una red local



# S.R.-máquina – S.R.-pieza

**Origen máquina:** impuesto por el fabricante de la MH. No se puede modificar.

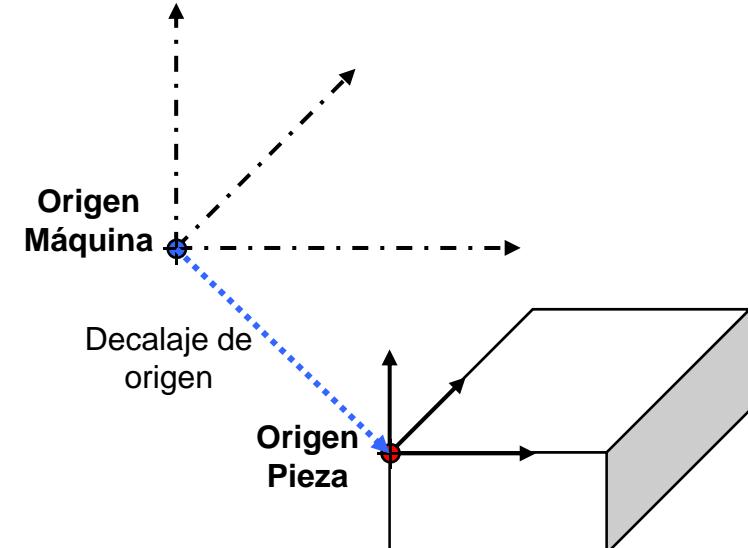
**Origen pieza:** desde él se programa la trayectoria de la hta. Su localización es libre.

**Decalaje:** permite guardar la posición de diferentes orígenes pieza.

**TCP:** punta o centro de la herramienta

**Punto de referencia cabezal:** impuesto por el fabricante (coordenadas respecto de  $0_{MAQ}$ )

**Corrección de longitud:** necesario para que el CN sepa en todo momento a qué altura se encuentra el TCP. Esta distancia variará en función de la herramienta utilizada.



Punto de referencia  
del cabezal

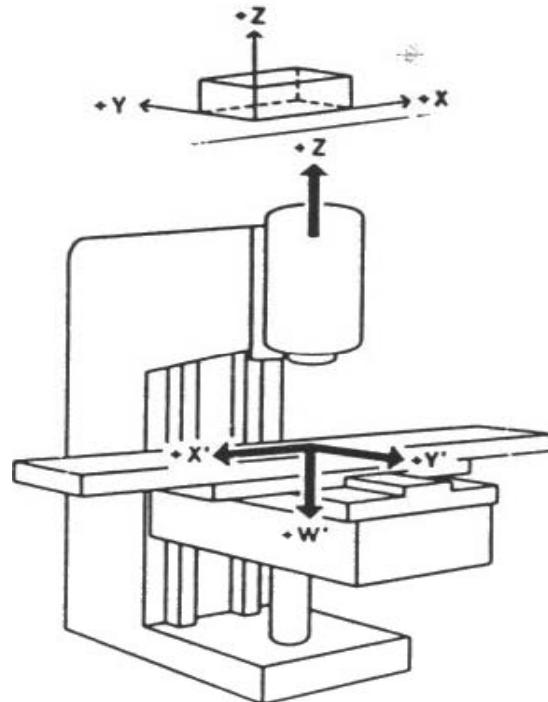


# Triedros de referencia

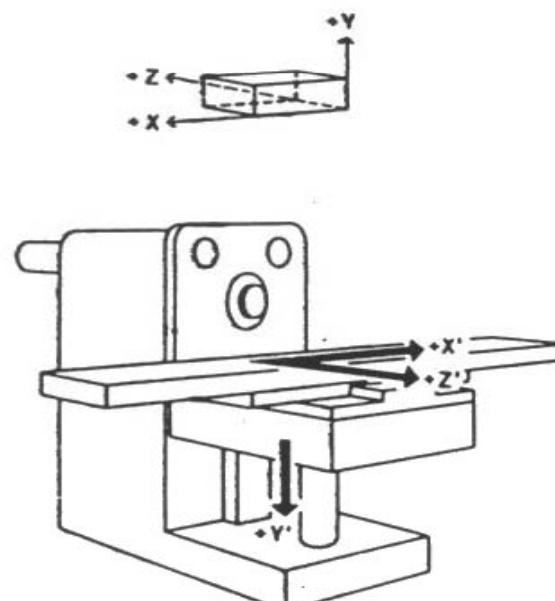
**Norma ISO 841:2001**

**Nomenclatura de los ejes lineales y rotativos**

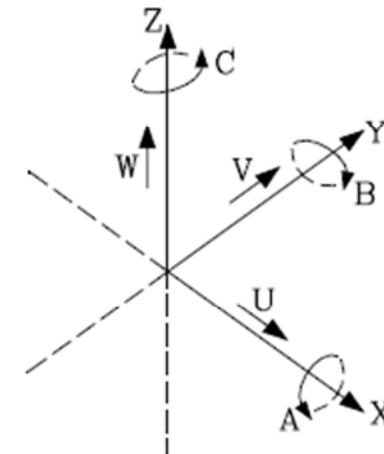
**Eje Z → eje de rotación del movimiento principal**



I) Fresadora de consola con husillo vertical



J) Fresadora de consola con husillo horizontal



**X Y Z: ejes lineales**

**Eje A: eje giro X**

**Eje B: eje giro Y**

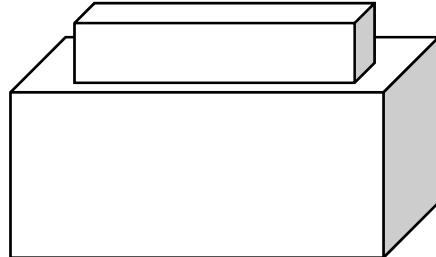
**Eje C: eje giro Z**

**Eje U: eje auxiliar (|| X)**

**Eje V: eje auxiliar (|| Y)**

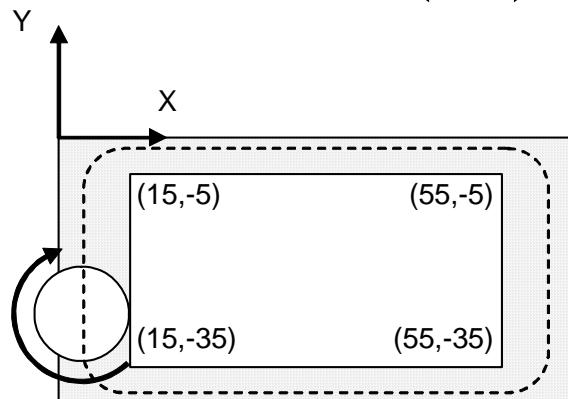
**Eje W: eje auxiliar (|| Z)**

# Hoja de procesos



Operación	Herramienta	N (rpm)	Vf(mm/min)	ap (mm)	ae(mm)
Contorneado	Frontal D12	2.500	1.200	3	8
...	...	...	...	...	...

**Hoja de procesos**  $\longleftrightarrow$  **Programa  $\rightarrow$  conjunto de bloques (código ISO)**



**bloque: conjunto de “palabras”**

- {
- N10:** Primera operación
  - G90:** Programación en coord. absolutas
  - G42:** Compensar radio de herramienta
  - G01:** movimiento en línea recta
  - X15 Y-35:** coordenadas
  - F1200:** Avance 1200 mm/min
  - S2500:** Giro de husillo 2500rpm
  - M03:** Arrancar husillo en sentido horario

....  
**N10 G90 G42 G01 X15 Y-35 F1200 S2500 M03**  
**N20 G01 Y-5**  
**N30 G01 X55**

....

# Código ISO

Palabras	Significado
N	Número de bloque
G	Funciones preparatorias → movto. ejes
M	Funciones auxiliares → no movto
X, Y, Z, A, B ...	Coordenadas de los ejes
i, j, ....	Coordenadas centro circunferencia
F	Velocidad de avance (mm/min)
S	Velocidad husillo principal (rpm)
T	Nº herramienta a emplear
D	Posición donde se encuentran los decalajes de las herramientas
...	...

# Funciones G

**F. Modales** → permanecen activas hasta que no se anulen mediante otra función

**G00** (avance para posicionamiento rápido)

**G01** (interpolación lineal)

**G17/G18/G19** (selección del plano de referencia)

...

**F. Secuenciales** → solo están activas mientras se ejecuta el bloque donde están programadas

**G02/G03** (interpolación circular horaria/antihoraria)

...

**Posiciones preferenciales** → están activadas “por defecto” cuando se enciende la máquina

**Programación en mm (G71)**

**Programación en coordenadas absolutas (G90)**

**Plano de referencia XY (G17)**

...

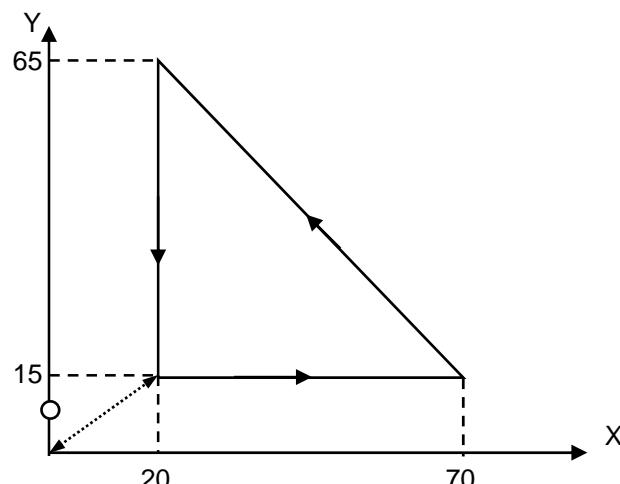
# Funciones G

## Programación coordenadas cartesianas absolutas/incrementales (G90/G91)

Son modales.

**Coordinadas absolutas:** las coordenadas de los puntos se dan respecto del sistema de referencia pieza.

**Coordinadas incrementales:** las coordenadas del punto a programar se dan mediante valores relativos respecto del último punto interpolado.



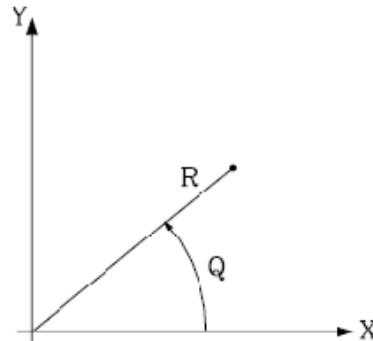
<u>Programación en Absolutas</u>	<u>Programación en Relativas</u>
.....	.....
N10 G90	N10 G91
N20 G01 X20 Y15	N20 G01 X20 Y15
N30 G01 X70 Y15	N30 G01 X50 Y0
N40 G01 X20 Y65	N40 G01 X-50 Y50
N50 G01 X20 Y15	N50 G01 X0 Y-50
N60 G01 X0 Y0	N60 G01 X-20 Y-15
.....	.....

# Funciones G



Universidad  
del País Vasco  
Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
Dpto. de Ingeniería Mecánica

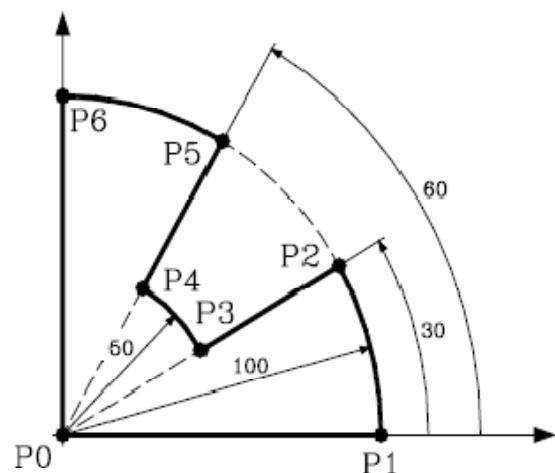
## Programación coordenadas polares (absolutas)



**Origen polar:** punto de referencia (origen del sistema de coordenadas polares)

**R:** radio (distancia entre el origen polar y el punto)

**Q:** ángulo (el formado por el eje de abcisas y la línea que une el origen polar con el punto, en grados)

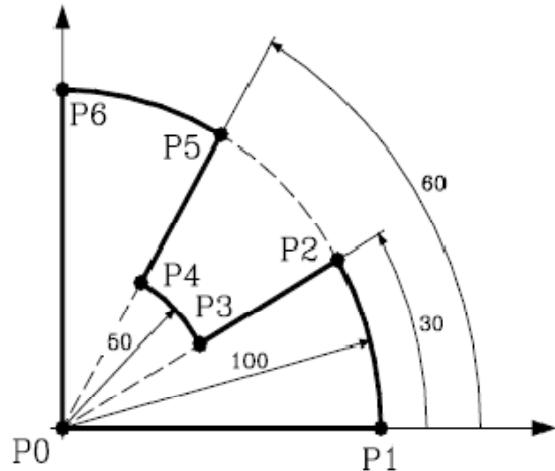


Cotas absolutas:

G90	X0	Y0	; Punto P0
G01	R100	Q0	; Punto P1, en línea recta (G01)
G03		Q30	; Punto P2, en arco (G03)
G01	R50	Q30	; Punto P3, en línea recta (G01)
G03		Q60	; Punto P4, en arco (G03)
G01	R100	Q60	; Punto P5, en línea recta (G01)
G03		Q90	; Punto P6, en arco (G03)
G01	R0	Q90	; Punto P0, en línea recta (G01)

# Funciones G

## Programación coordenadas polares (relativas)



Cotas incrementales:

G90	X0	Y0	; Punto P0
G91 G01	R100	Q0	; Punto P1, en línea recta (G01)
G03		Q30	; Punto P2, en arco (G03)
G01	R-50	Q0	; Punto P3, en línea recta (G01)
G03		Q30	; Punto P4, en arco (G03)
G01	R50	Q0	; Punto P5, en línea recta (G01)
G03		Q30	; Punto P6, en arco (G03)
G01	R-100	Q0	; Punto P0, en línea recta (G01)

# Funciones G



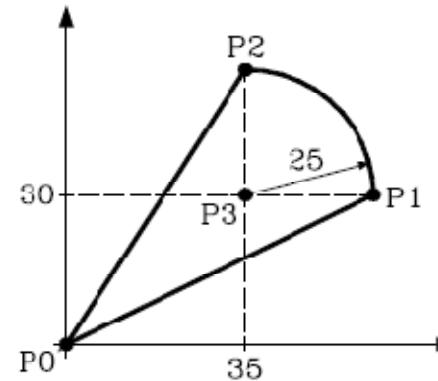
Universidad  
del País Vasco  
Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
Dpto. de Ingeniería Mecánica

## Programación coordenadas polares (absolutas y relativas)

### Origen G93: preselección de origen polar

G93 I±5.5 J±5.5

Ejemplo, suponiendo que la herramienta está en X0 Y0.



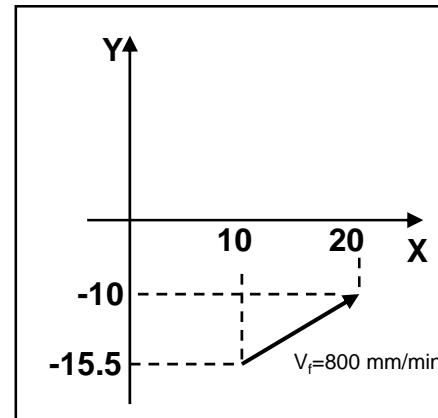
```
G93      I35    J30 ; Preseleccionar P3 como origen polar.  
G90  G01  R25  Q0 ; Punto P1, en línea recta (G01).  
          G03    Q90 ; Punto P2, en arco (G03).  
          G01  X0    Y0 ; Punto P0, en línea recta (G01)
```

# Funciones G

## Interpolación lineal en movimiento de trabajo (G01)

La velocidad de avance es la programada mediante la palabra F.

**N10 G01 X20 Y-10 F800**

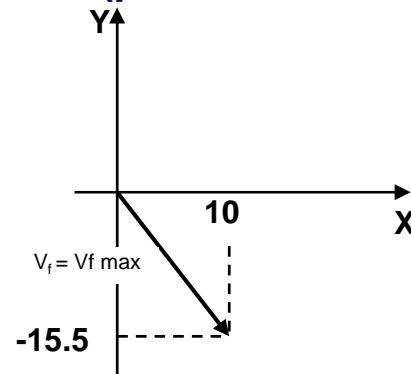


## Avance para posicionamiento rápido (G00)

Movimiento lineal a la velocidad de avance máxima (parámetro máquina)

Muy útil en producción.

**N10 G00 X10 Y-15.5**



# Funciones G

## Interpolación circular en sentido horario/antihorario (G02/G03)

Información a introducir:

- Punto final de la circunferencia (en cartesianas o polares).
- Coordenadas del centro (se da en coor. relativas al pto. inicial, en controles Fagor).

### Cartesiano Absolutas

N10 G03 G90 X110 Y90 I0 J50 F800  
N20 G03 G90 X160 Y40 I50 J0 F800

### Cartesiano Relativas

N10 G03 G91 X50 Y50 I0 J50 F800  
N20 G03 G91 X50 Y-50 I50 J0 F800

### Polares Absolutas

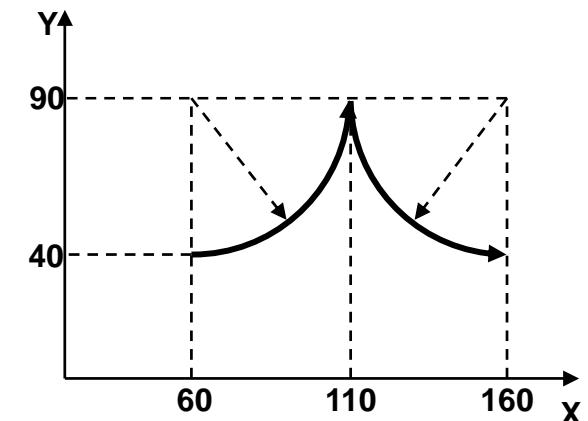
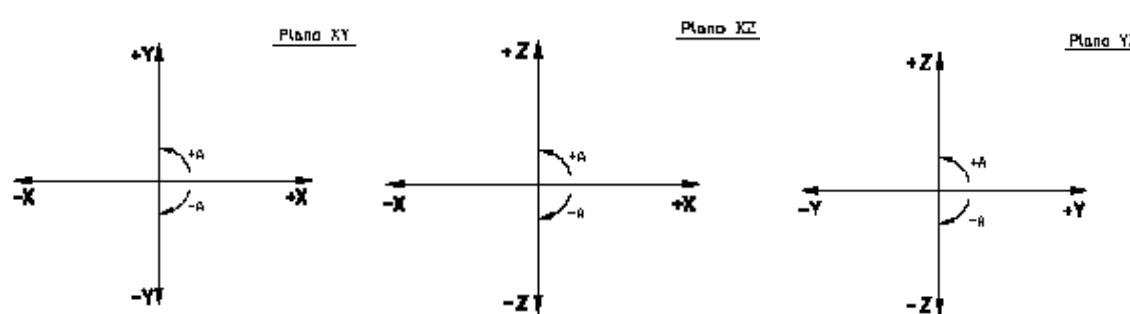
N10 G03 G90 Q0 I0 J50 F800  
N20 G03 G90 Q-90 I50 J0 F800

### Polares Relativas

N10 G03 G91 Q90 I0 J50 F800  
N20 G03 G91 Q90 I50 J0 F800

### Con centros polares

N10 G93 I60 J90; def. centro  
N20 G03 Q0  
N30 G93 I160 J90; def. centro  
N40 Q-90



# Funciones G

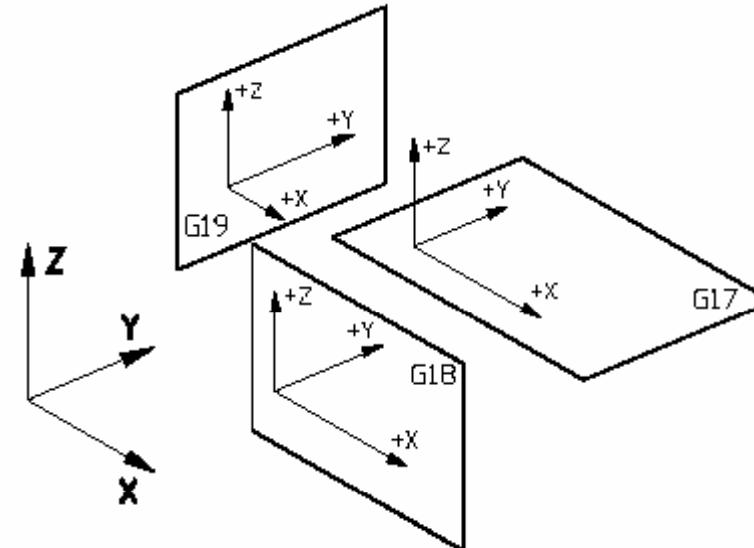
## Selección del plano de referencia (G17/G18/G19)

Plano en el que se ejecuta una interpolación circular.

- G17: plano XY
- G18: plano XZ
- G19: plano YZ

Es modal

Por defecto se activa G17.



## Unidades (G70/G71)

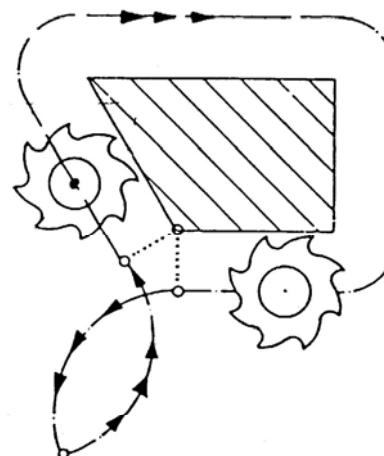
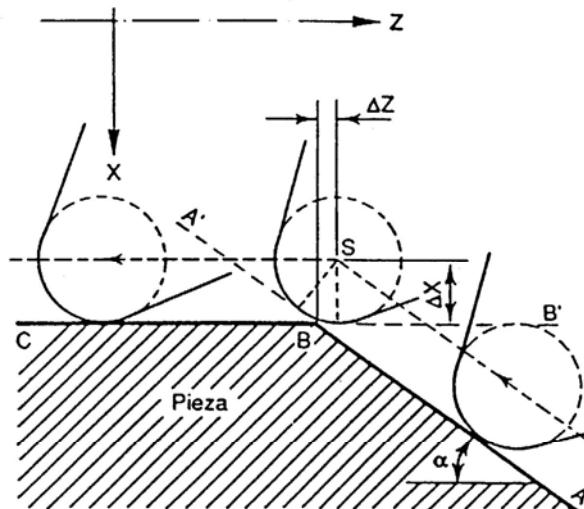
G70: programación en pulgadas

G71: programación en mm

# Funciones G

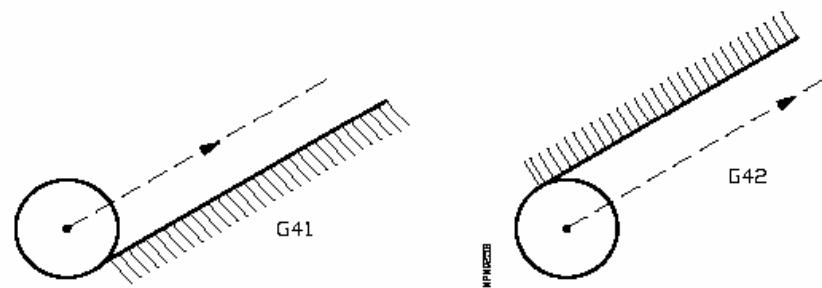
## Compensación de radio de herramienta (G40/G41/G42)

Es necesario compensar el radio de la hta. para que la periferia de ésta siga la geometría de la pieza.



- Tabla de compensaciones del CNC.
- Se compensa en el plano de referencia.
- Solo se activan con movimientos rectilíneos

**G40:** desactiva la compensación de radio  
**G41:** compensación de radio de hta. a izquierdas  
**G42:** compensación de radio de hta. a derechas  
Las tres se utilizan dentro de una interpolación lineal únicamente.

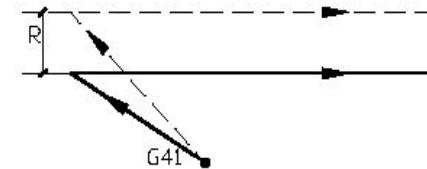


# Funciones G

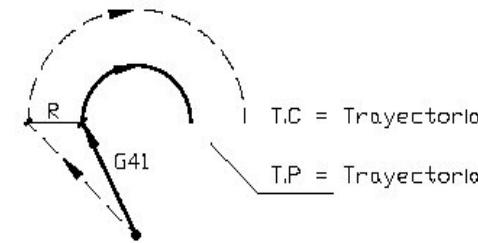


Universidad  
del País Vasco  
Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
**Dpto. de Ingeniería Mecánica**

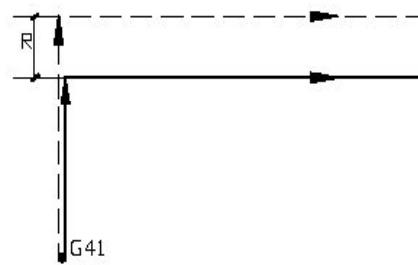
## Compensación de radio de herramienta (G40/G41/G42)



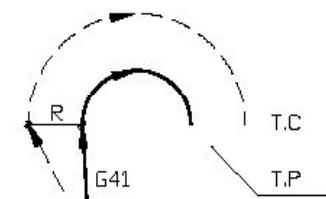
T.C. = Trayectoria compensada  
T.P. = Trayectoria programada



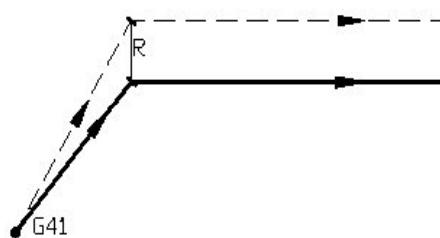
T.C. = Trayectoria  
T.P. = Trayectoria



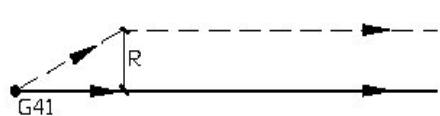
T.C.  
T.P.



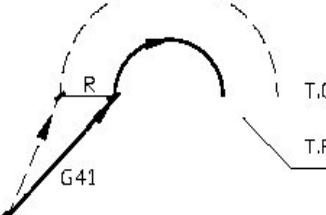
T.C.  
T.P.



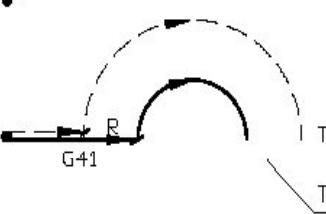
T.C.  
T.P.



T.C.  
T.P. (Trayectoria programada)



T.C.  
T.P.



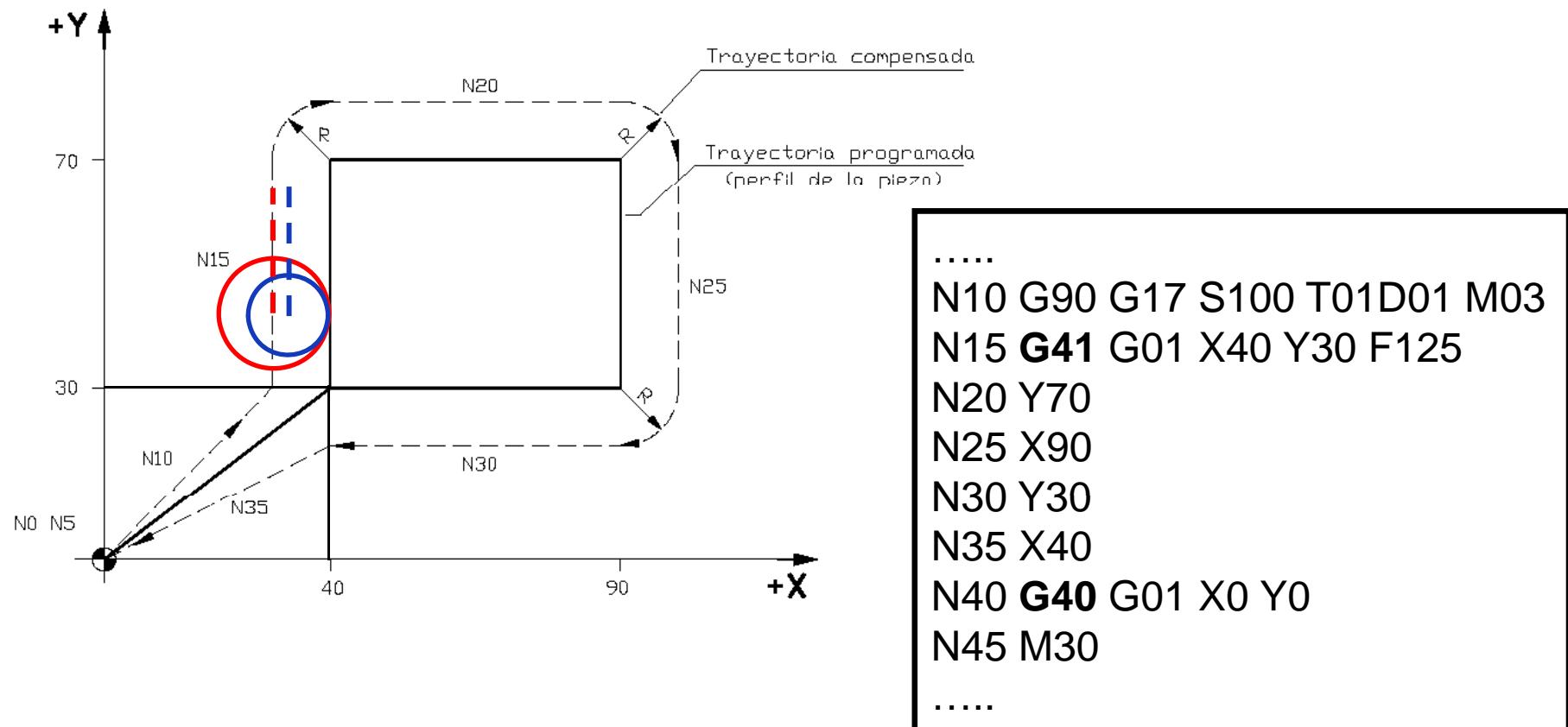
T.C.  
T.P.

# Funciones G



## Compensación de radio de herramienta (G40/G41/G42)

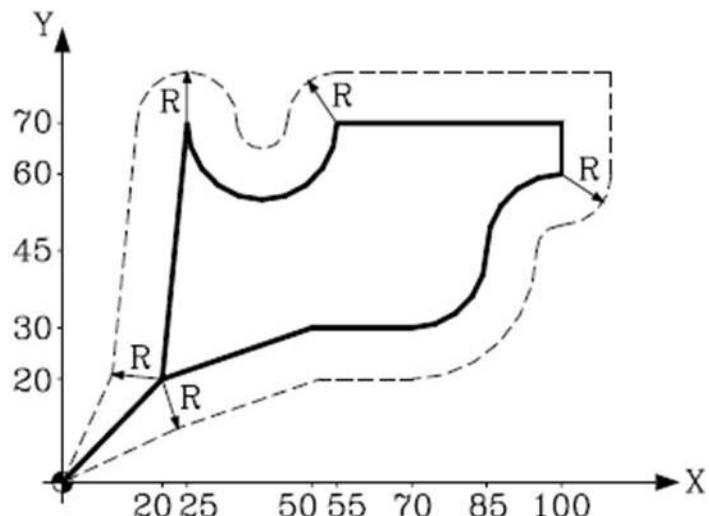
Ejemplo de trayectoria compensada:



# Funciones G

## Compensación de radio de herramienta (G40/G41/G42)

Ejemplo de trayectoria compensada:



**G90 G17 F150 S100 T1 D1 M03**  
; Inicia compensación  
**G42 G01 X20 Y20**  
**X50 Y30**  
**X70**  
**G03 X85Y45 I0 J15**  
**G02 X100 Y60 I15 J0**  
**G01 Y70**  
**X55**  
**G02 X25 Y70 I-15 J0**  
**G01 X20 Y20**  
; Anula compensación  
**G40 G00 X0 Y0 M5**  
**M30**

# Funciones G

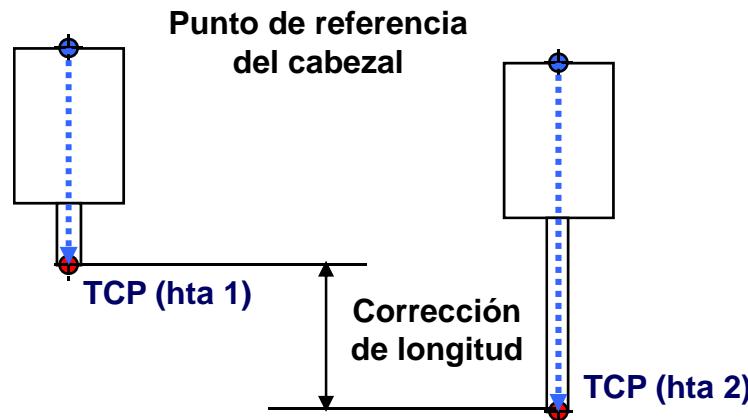
## Compensación de longitud de herramienta (G43/G44)

La posición del TCP varía en función de la longitud de la herramienta → compensar longitud.

Se compensa en el plano de referencia

**G43:** activa la compensación de longitud (cuando se da la información de la hta.)

**G44:** desactiva la compensación de longitud (justo antes de cambiar de hta, va sola)



# Otras funciones G

## Repetición de bloques (RPT N--, N--)N--

Repetición de bloques dentro de un mismo programa.

## Imagen espejo (G10/G11/G12/G13)

Estas funciones permiten ejecutar programas cambiando el signo de los ejes, resultando así en trayectorias simétricas a las indicadas en el programa

**G10:** anulación imagen espejo

**G11:** imagen espejo en el eje X (cambio de signo X)

**G12:** imagen espejo en el eje Y (cambio de signo Y)

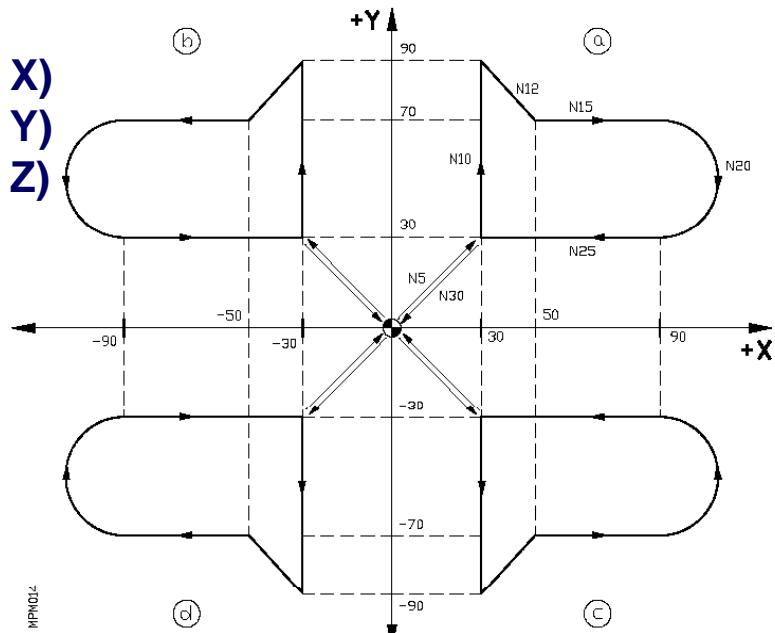
**G13:** imagen espejo en el eje Z (cambio de signo Z)

a)  
N5 G91 G01 X30 Y30 F100  
N10 Y60  
N12 X20 Y-20  
N15 X40  
N20 G02 X0 Y-40 I0 J-20  
N25 G01 X-60  
N30 X-30 Y-30

b)  
N35 **G11**  
N40 (RPT N5, N30)

c)  
N45 **G10 G12**  
N50 (RPT N5, N30)

d)  
N55 **G11**  
N60 (RPT N5, N30)  
N65 M30



# Otras funciones G

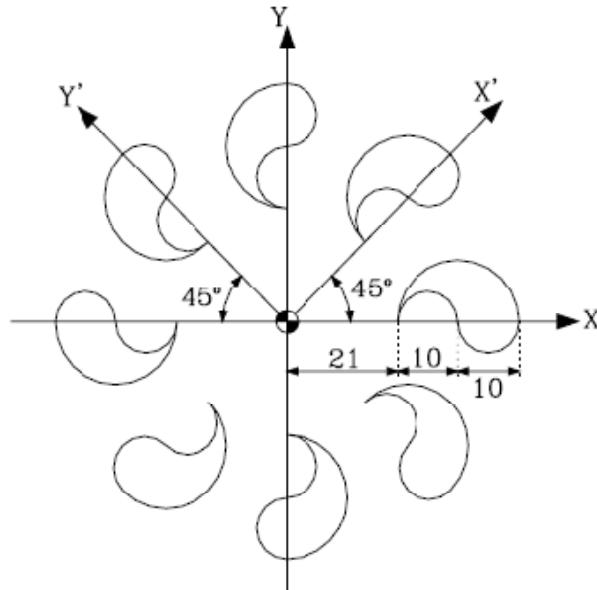
## Giro del sistema de coordenadas (G73)

Permite girar el sistema de coordenadas un ángulo determinado tomando como centro de rotación el origen del plano de referencia.

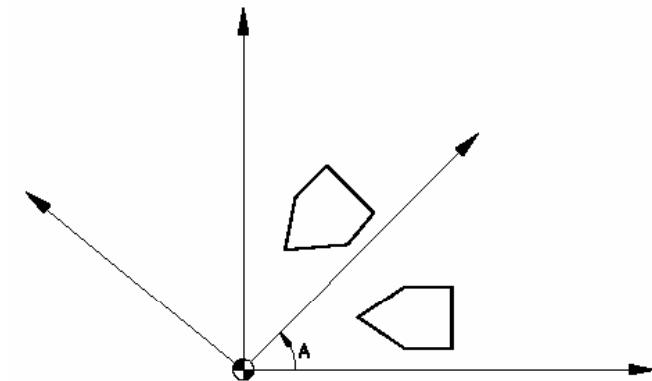
N170 G73 Q45

Se anula mediante G73 sin ningún ángulo de giro.

Suponiendo el punto inicial X0 Y0, se tiene:



N10 G01 X21 Y0 F300	; Posicionamiento en punto inicial
G02 Q0 I5 J0	
G03 Q0 I5 J0	
Q180 I-10 J0	
N20 G73 Q45	; Giro de coordenadas
(RPT N10, N20) N7	; Repetir 7 veces del bloque 10 al 20
M30	; Fin de programa



# Otras funciones G

## Ciclos fijos de mecanizado (G79...G89)

Operaciones comunes que pueden suponer varias trayectorias y que se agrupan en una única función para facilitar su programación

En el caso de los controles FAGOR, los ciclos fijos que se incorporan son:

- G79 : Ciclo fijo definido por el usuario**
- G80: Anulación de ciclo fijo.**
- G81 : Ciclo fijo de taladrado**
- G82 : Ciclo fijo de taladrado con temporización**
- G83 : Ciclo fijo de taladrado profundo**
- G84 : Ciclo fijo de roscado con macho**
- G85 : Ciclo fijo de escariado**
- G86 : Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en avance rápido**
- G87 : Ciclo fijo de cajera rectangular**
- G88 : Ciclo fijo de cajera circular**
- G89 : Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en avance de trabajo**

# Otras funciones G

## Ciclos fijos de cajera rectangular (G87)

**G87 G98/G99 X Y Z I J K B C D H L V**

**G98:** retroceso hta. hasta plano de partida

**G99:** retroceso hta. hasta plano de referencia

**X, Y:** coordenadas de mecanizado

**Z:** plano de referencia

**I:** profundidad del mecanizado

**J:** media anchura de la cajera según eje de abscisas

**K:** media anchura de la cajera según eje de ordenadas

**B:** paso de profundización según eje longitudinal

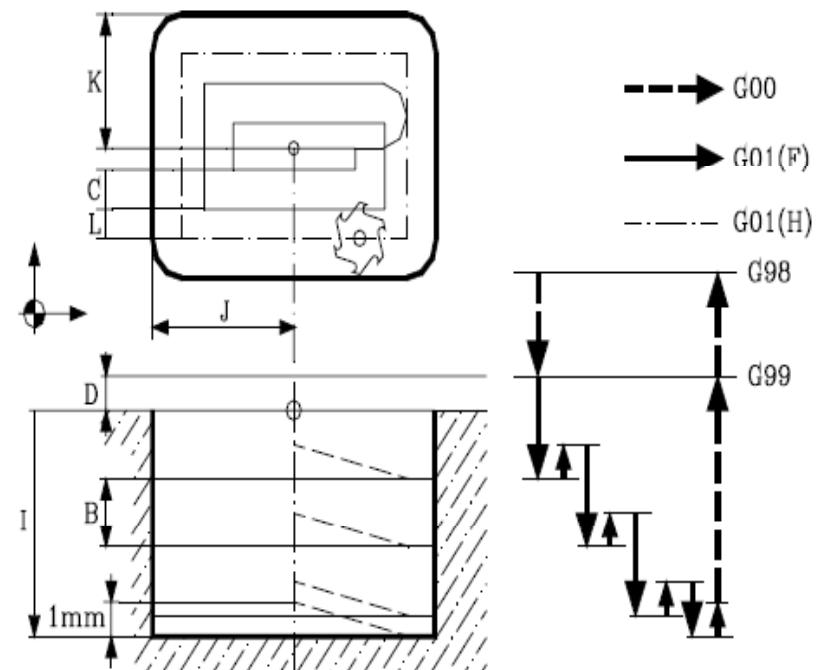
**C:** paso de fresado

**D:** plano de referencia

**H:** avance para la pasada de acabado

**L:** demasía para el acabado

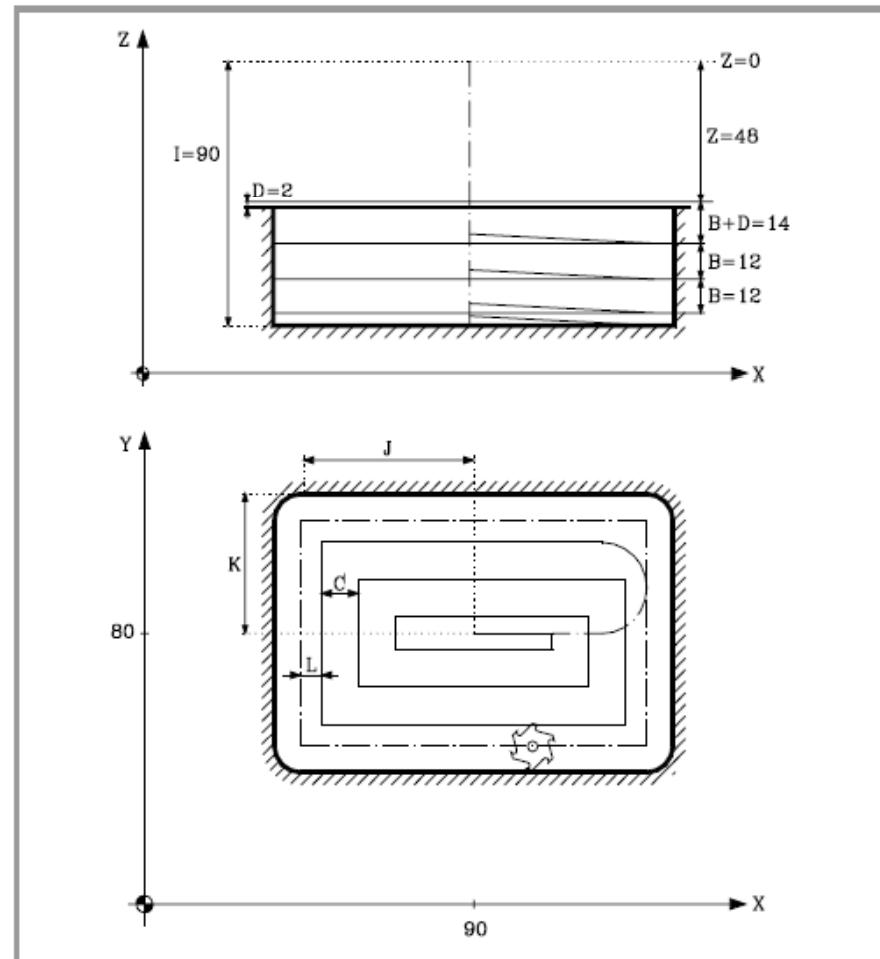
**V:** avance de profundización de la hta.



# Otras funciones G

## Ciclos fijos de cajera rectangular (G87)

```
; Selección de herramienta.  
(TOR1=6, TOI1=0)  
T1 D1  
M6  
; Punto inicial  
G0 G90 X0 Y0 Z0  
; Definición de ciclo fijo  
G87 G98 X90 Y60 Z-48 I-90 J52.5 K37.5 B12 C10 D2 H100 L5 V100  
F300 S1000 M03  
; Anula ciclo fijo  
C80  
; Posicionamiento  
G90 X0 Y0  
; Fin de programa  
M30
```



# Funciones M

- Involucran a acciones programadas desde el PLC.
- Dependen del tipo de máquina y de los elementos que disponga habrá una serie de funciones auxiliares u otras
- La mayoría de ellas gobiernan los diferentes elementos de las máquinas:

- Cambiadores de herramientas
- Refrigerante, bombas de lubricación, etc.
- Lámparas
- Cambiadores automáticos de pallets.
- Torretas.
- Cajas de cambios.
- Extractores de virutas.
- ...

# Funciones M

## M00

Parada programada incondicional.

## M01

Parada programada condicionada al botón del panel.

## M02

Fin de programa con vuelta al primer bloque.

## M03/M04/M05

M03: arranque del motor principal en sentido horario.

M04: arranque del motor principal en sentido anti-horario.

M05: parada del motor principal (usar solo al final del programa).

## M06

Cambio automático de herramienta.

T: posición hta. en almacén.

D: posición donde se encuentran las compensaciones de radio y longitud de la hta. en el CN

## M30

Fin de programa.

## M07/M08/M09

M07: refrigerante chorro

M08: refrigerante ducha

M09: desactiva refrigerante

# Estructura de un programa

## 1- Línea de cabecera

% pieza1, MX--

## 2- Selección de herramienta del almacén

N10 T14 D14; comentarios

N20 M06

## 3- Línea de información tecnológica y arranque husillo principal

N30 G01 G90 G43 G41 X-10 Y25 Z0 F800 S1800 T14 D14 M03

Avance de la operación, F

Rotación de la herramienta, S

Compensación de longitud de la herramienta ( y de radio si hace falta)

Interpolación lineal (en vacío) para posicionamiento de la herramienta

## 4- Líneas con información geométrica

(Antes de cambiar de herramienta, no olvidar desactivar la compensación de longitud. Si está activada la de radio, también.)

## 5- Repetir pasos 2-3-4 tantas veces como htas. haya que seleccionar

## 6- Cómo terminar un programa

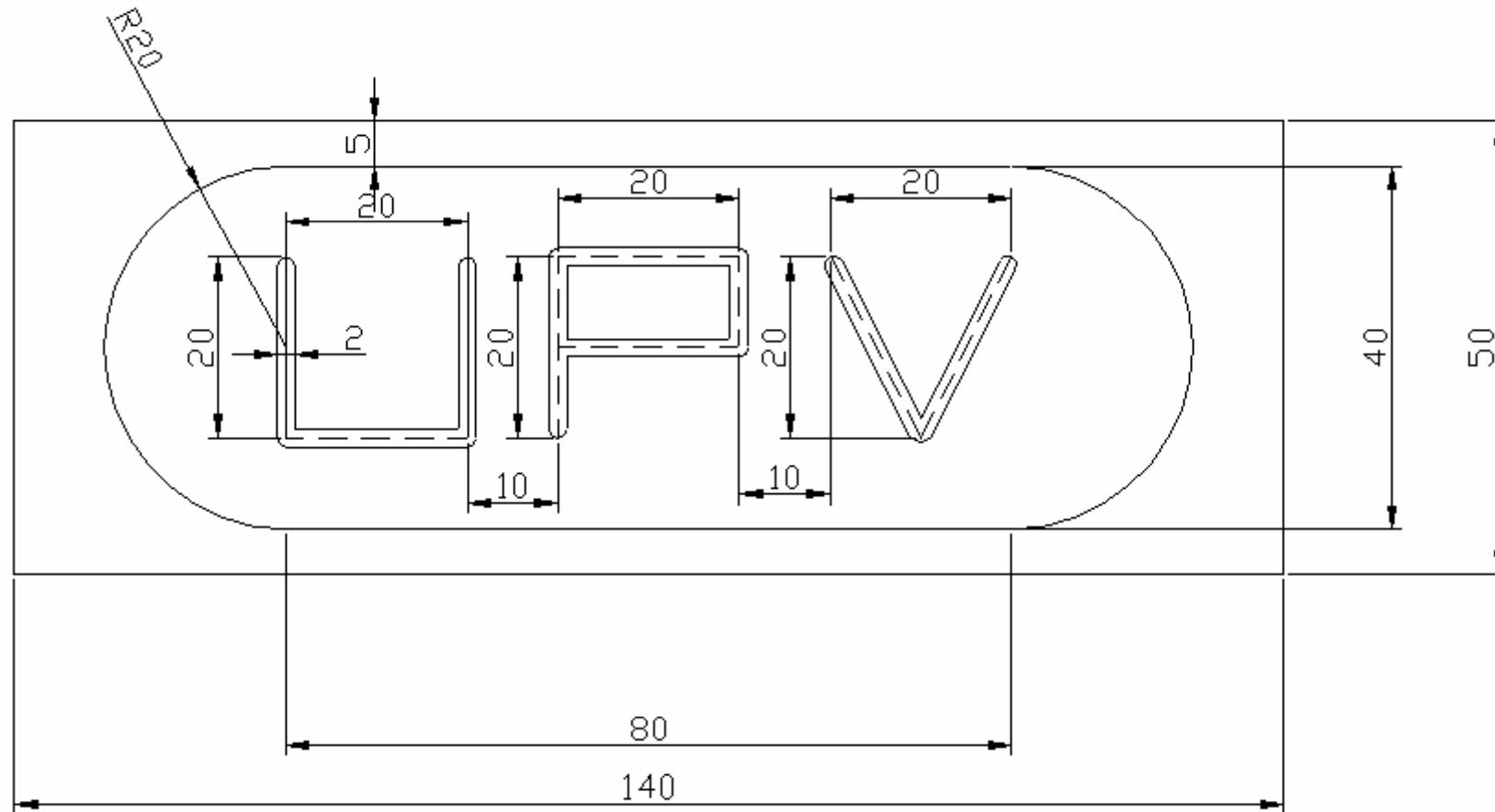
N1200 T24D24

N1210 M06

N1220 M05

N1230 M30

# Un ejercicio



# Listado de funciones G, Fagor 8035

Función	M	D	V	Significado
G00	*	?	*	Posicionamiento rápido
G01	*	?	*	Interpolación lineal
G02	*		*	Interpolación circular (helicoidal) derechas
G03	*		*	Interpolación circular (helicoidal) izquierdas
G04				Temporización/Detención de la preparación de bloques
G05	*	?	*	Arista matada
G06			*	Centro circunferencia en coordenadas absolutas
G07	*	?		Arista viva
G08			*	Circunferencia tangente a trayectoria anterior
G09			*	Circunferencia por tres puntos
G10	*	*		Anulación de imagen espejo
G11	*		*	Imagen espejo en X
G12	*		*	Imagen espejo en Y
G13	*		*	Imagen espejo en Z
G14	*		*	Imagen espejo en las direcciones programadas
G15	*		*	Selección del eje longitudinal
G16	*	?	*	Selección plano principal por dos direcciones y eje longitudinal
G17	*	?	*	Plano principal X-Y y longitudinal Z
G18	*	?	*	Plano principal Z-X y longitudinal Y
G19	*		*	Plano principal Y-Z y longitudinal X
G20				Definición límites inferiores zonas de trabajo
G21				Definición límites superiores zonas de trabajo
G22			*	Habilitación/deshabilitación zonas de trabajo
G32	*		*	Avance F como función inversa del tiempo
G33	*		*	Roscado electrónico
G34			*	Roscado de paso variable
G36			*	Redondeo de aristas

# Listado de funciones G, Fagor 8035

G37			*	Entrada tangencial
G38			*	Salida tangencial
G39			*	Achaflanado
G40	*	*	*	Anulación de compensación radial
G41	*		*	Compensación radial herramienta a la izquierda
G41 N	*		*	Detección de colisiones
G42	*		*	Compensación radial herramienta a la derecha
G42 N	*		*	Detección de colisiones
G43	*	?	*	Compensación longitudinal
G44	*	?	*	Anulación de compensación longitudinal
G50	*		*	Arista matada controlada
G51	*		*	Look-Ahead
G52			*	Movimiento contra tope
G53			*	Programación respecto al cero máquina
G54	*		*	Traslado de origen absoluto 1
G55	*		*	Traslado de origen absoluto 2
G56	*		*	Traslado de origen absoluto 3
G57	*		*	Traslado de origen absoluto 4
G58	*		*	Traslado de origen aditivo 1
G59	*		*	Traslado de origen aditivo 2
G60			*	Mecanizado múltiple en línea recta
G61			*	Mecanizado múltiple formando un paralelogramo
G62			*	Mecanizado múltiple en malla
G63			*	Mecanizado múltiple formando una circunferencia
G64			*	Mecanizado múltiple formando un arco
G65			*	Mecanizado programado mediante una cuerda de arco
G69	*		*	Ciclo fijo de taladrado profundo con paso variable
G70	*	?	*	Programación en pulgadas
G71	*	?	*	Programación en milímetros

# Listado de funciones G, Fagor 8035

G72	*		*	Factor de escala general y particulares
G73	*		*	Giro del sistema de coordenadas
G74			*	Búsqueda de referencia máquina
G75			*	Movimiento con palpador hasta tocar
G76			*	Movimiento con palpador hasta dejar de tocar
G79				Modificación de parámetros de un ciclo fijo
G80	*	*		Anulación de ciclo fijo
G81	*		*	Ciclo fijo de taladrado
G82	*		*	Ciclo fijo de taladrado con temporización
G83	*		*	Ciclo fijo de taladrado profundo con paso constante
G84	*		*	Ciclo fijo de roscado con macho
G85	*		*	Ciclo fijo de escariado
G86	*		*	Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G00
G87	*		*	Ciclo fijo de cajera rectangular
G88	*		*	Ciclo fijo de cajera circular
G89	*		*	Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G01
G90	*	?		Programación absoluta
G91	*	?	*	Programación incremental
G92				Preselección de cotas / Limitación velocidad del cabezal
G93				Preselección del origen polar
G94	*	?		Avance en milímetros (pulgadas) por minuto
G95	*	?	*	Avance en milímetros (pulgadas) por revolución
G96	*		*	Velocidad del punto de corte constante
G97	*	*		Velocidad centro de la herramienta constante
G98	*	*		Vuelta plano de partida al final ciclo fijo
G99	*		*	Vuelta plano de referencia al final ciclo fijo