

# INGENIERÍA DE MANUFACTURA

---

## Control Numérico por Computadora (CNC)

Ing. Ricardo Jiménez

# Introducción

- ***Control Numérico (CN)*** es el término original de esta tecnología. Actualmente es intercambiable con el término ***Control Numérico por Computadora (CNC)***
- El CN ha sido uno de los más importantes desarrollos en manufactura en los últimos 50 años, al desarrollar :
  - Nuevas técnicas de producción
  - Incrementar la calidad de los productos
  - Reducción de costos

# **Ventajas principales de un equipo de CN**

## **VENTAJAS EN DISEÑO**

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

# Ventajas principales de un equipo de CN

## VENTAJAS EN MANUFACTURA :

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

# Aplicaciones

- **Fresado**
- **Torneado**
- **Taladrado**
- **Esmerilado**
- **Doblado**
- **Punzonado**
- **Maquinado por descarga eléctrica (EDM)**
- **Inspección (Máquina de coordenadas)**

# Estándares de Controladores

- Existen diferencias entre los controladores que se encuentran en el mercado, inclusive de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes.
- Para entender el CNC, es necesario conocer las diferencias y similitudes que presentan los diferentes controladores así como los estándares que utilizan para su programación.
- Normalmente se siguen dos estándares mundiales:
  - ISO 6983**  
*(International Standardization Organization)*
  - EIA RS274**  
*(Electronic Industries Association)*

# Estándares

## *ISO/EIA*

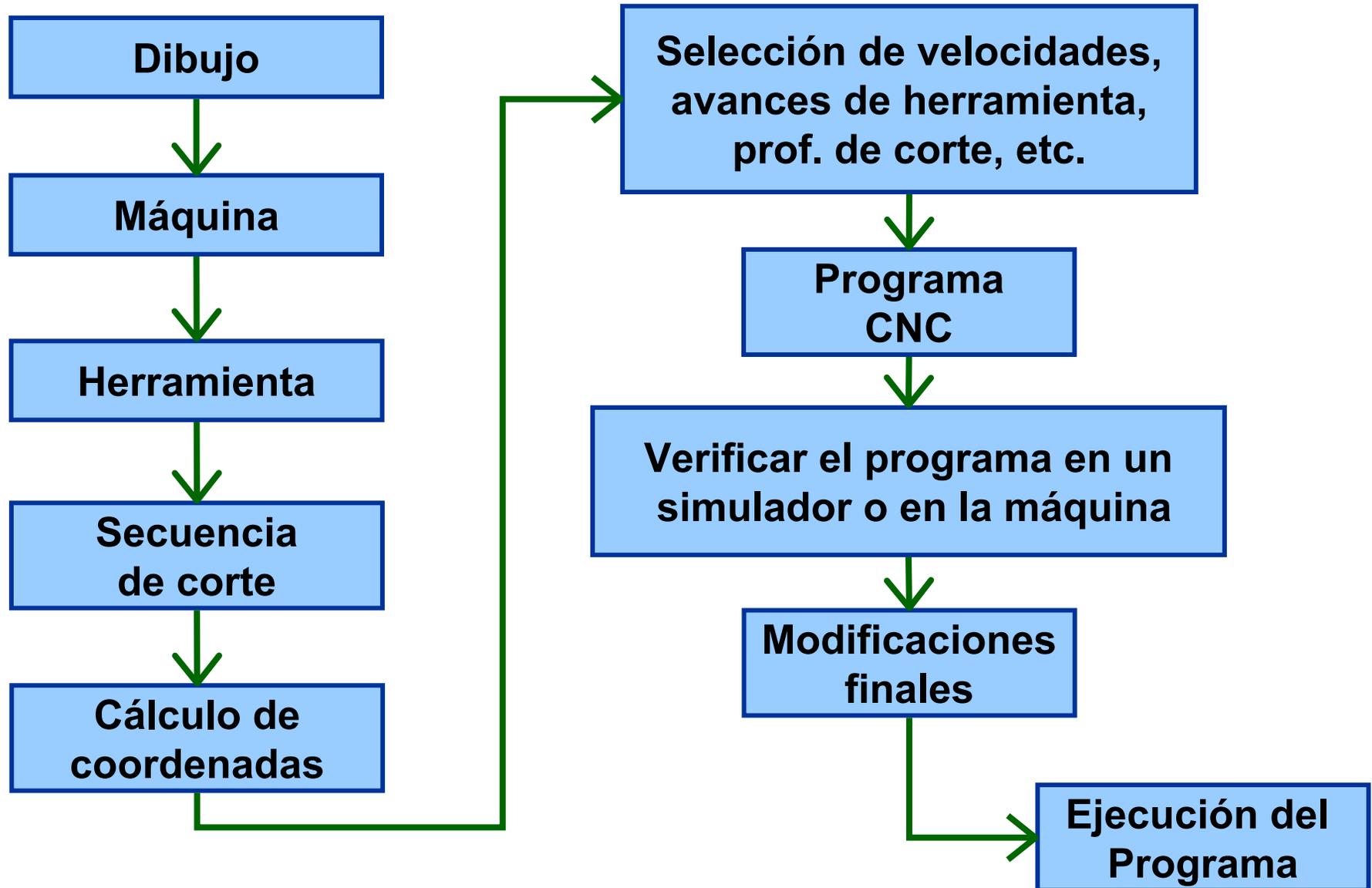
**Estándares de instrucciones de programación (código) que permiten a la máquina herramienta llevar a cabo ciertas operaciones en particular.**

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

**N95 G90 G20**

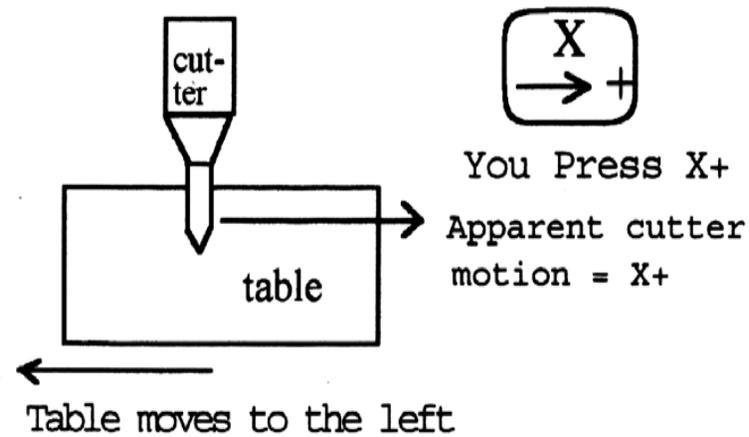
**N100 G01 X1.25 Y1.75 F20**

# Flujo del procesamiento de CNC

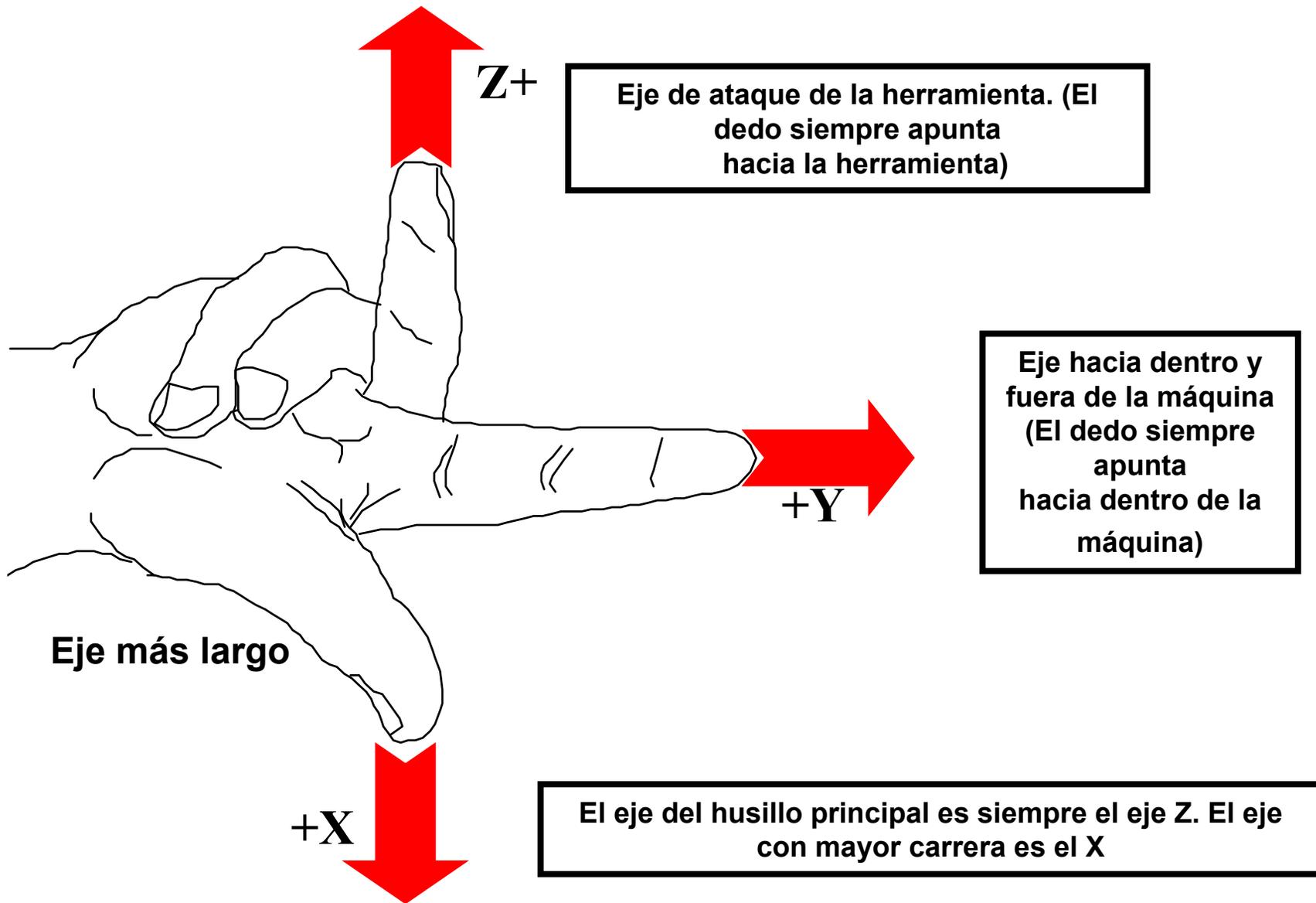


# Nomenclatura de ejes y movimiento

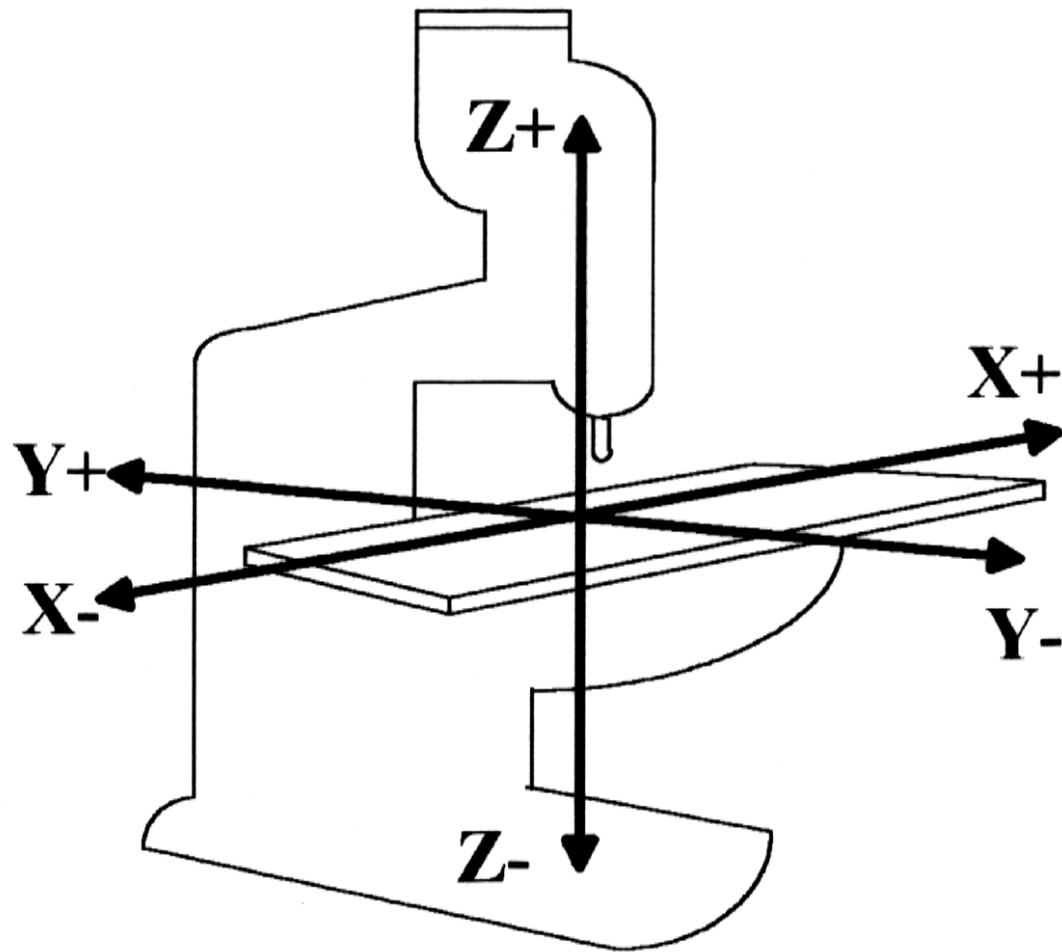
- ✚ Estándar **EIA-267-C**
- ✚ Define el sistema coordenado de las máquinas y los movimientos de la misma.
- ✚ Se utilizan los movimientos de la herramienta relativos al sistema coordenado de la pieza ESTACIONARIA



# Regla de la Mano Derecha

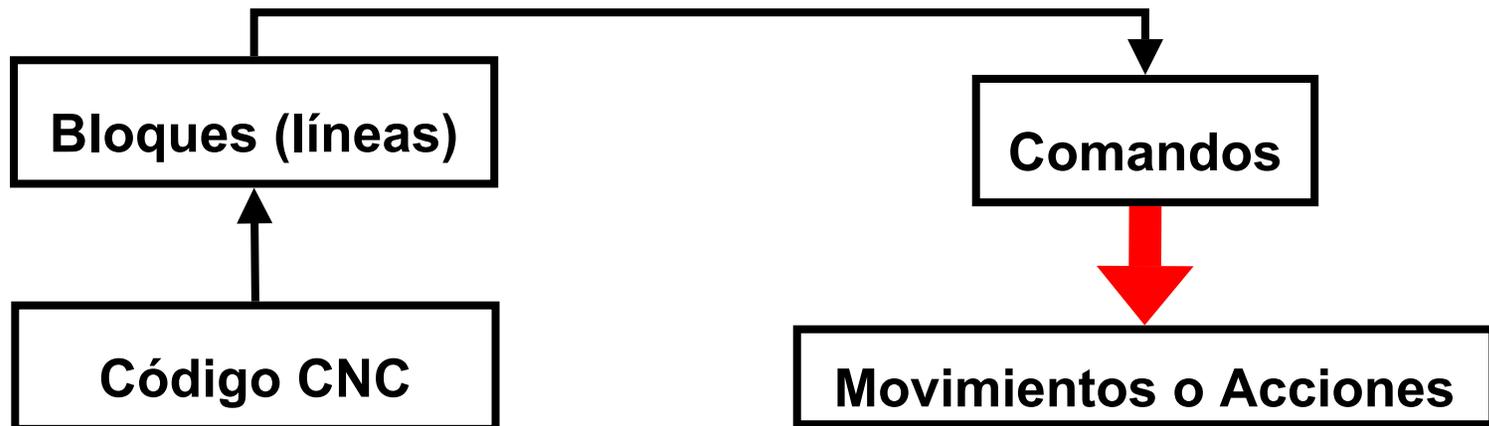


# Ejemplo de la Regla



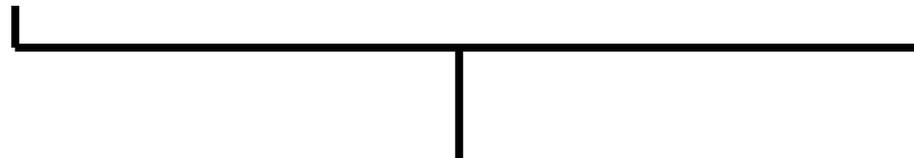
# Programación CNC

- Un programa es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de CNC
- A las instrucciones se les conoce como CODIGO de CNC, las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza

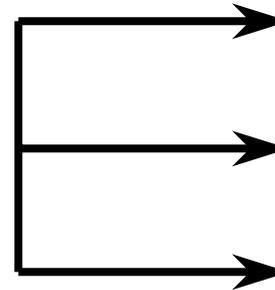


# Programación CNC

N01    G00    X10.0    Y5    Z0    F5  
  ┆    ┆    ┆  
Dirección    Dato    Palabra



Bloque



Programa



# Programación CNC

- ❏ Cada movimiento o acción se realiza secuencialmente
- ❏ Cada BLOQUE debe ser numerado y usualmente contiene un solo comando.

Tamaño de la pieza: Z-15 Diam 15

Herramienta: #3,3/8 end mill

Inicio de la herramienta: X0,Y0,Z1

%	(Bandera de inicio de programa)
:1002	(Programa #1002)
N5 G90 G20	(Bloque #5, Absolutas en pulgadas)
N10 T0303	(Cambiar a la herramienta #3)
N15 M03 S1250	(Prender husillo a 1250rpm CW)
N20 M05	(Apagar husillo)
N25 M30	(Fin de programa)

# **Programación CNC**

## **Códigos G's**

**Funciones de movimiento de la máquina  
(Movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas,  
ciclos)**

## **Códigos M's**

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

# Variables de la programación CNC

**La mayoría de los códigos G's contienen variables (direcciones), definidas por el programador para cada función específica.**

<b>N</b> Número de Bloque (Inicio de bloque)	<b>J</b> Localización en Y del centro de un arco
<b>G</b> Función preparatoria	<b>K</b> Localización en Z del centro de un arco
<b>X</b> Coordenada X	<b>S</b> Velocidad del husillo
<b>Y</b> Coordenada Y	<b>F</b> Asigna Velocidad de corte
<b>Z</b> Coordenada Z	<b>M</b> Función Miscelánea
<b>I</b> Localización en X del centro de un arco	

# Fases de un Programa

## Inicio

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

%  
: 1001  
N5 G90 G20

N10 T0202  
N15 M03 S1200

Bandera de inicio  
Número de programa 0-9999  
Unidades absolutas, programación en pulgadas.  
Paro para cambio de herramienta, Usar #2  
Prender husillo a 1200 rpm CW

## Remoción de material

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

N20 G00 X1 Y1  
N25 Z0.125  
N30 G01 Z-0.125 F 5  
N35 G00 Z1  
N40 X0 Y0

Mov. rápido a (X1,Y1)  
Mov. rápido a Z0.125  
Avance a Z-0.125 a 5ipm  
Mov. rápido a Z1  
Mov. rápido a X0,Y0

# Fases de un Programa

## Apagar el Sistema

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

N45 M05

Apagar el husillo

N50 M30

Fin del programa

## Comandos Modales

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

# Restricciones en los Bloques

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

# Procedimiento de Programación

**Desarrollar un orden de operaciones.  
Planear las secuencias de principio a fin antes de escribir el programa**



**Hacer los cálculos necesarios (cálculo de coordenadas).  
Indicar las coordenadas sobre el dibujo o utilizar hojas de coordenadas**



**Elegir la herramienta y velocidades de corte.  
Asegurarse de las herramientas que se encuentran disponibles.**

# **Movimiento de la Herramienta**

**Existen tres movimientos básicos de herramienta**

**G00**

**Movimiento rápido**

**G01**

**Movimiento de avance lineal**

**G02/G03**

**Interpolación Circular o avances de arcos**

**\*Los demás ciclos son combinaciones de este tipo de movimientos**

**\*Estos movimientos son modales**

# Uso de ciclos enlatados

- **Simplifican la programación**
- **Combinan una gran cantidad de operaciones de programación estándar y disminuyen los pasos de programación simplificando las operaciones matemáticas y optimizando las condiciones de corte**

# Coordenadas Absolutas

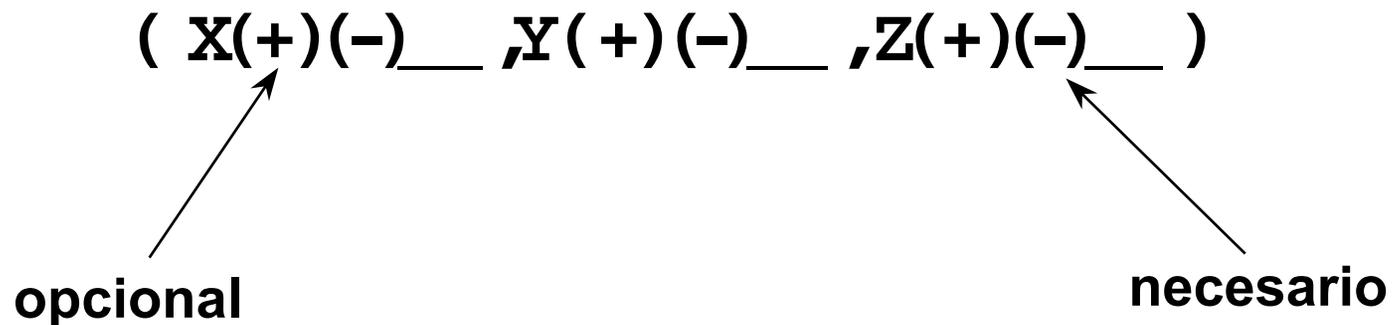
Cualquier punto se ubica por la distancia del origen (0,0) a dicho punto

Usualmente la localización de un punto se representa de la siguiente manera:

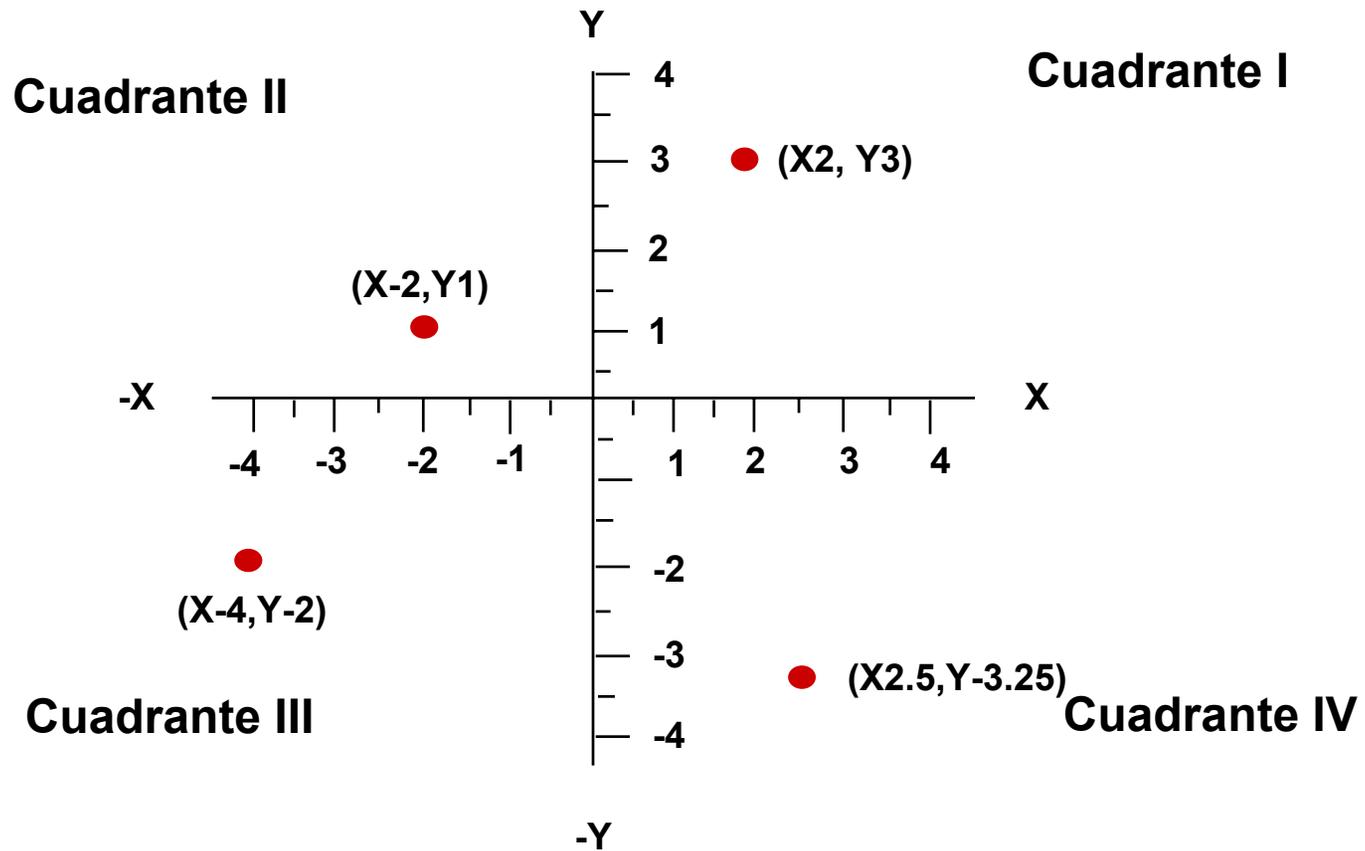
( X(+)(-)\_ , Y(+)(-)\_ , Z(+)(-)\_ )

opcional

necesario

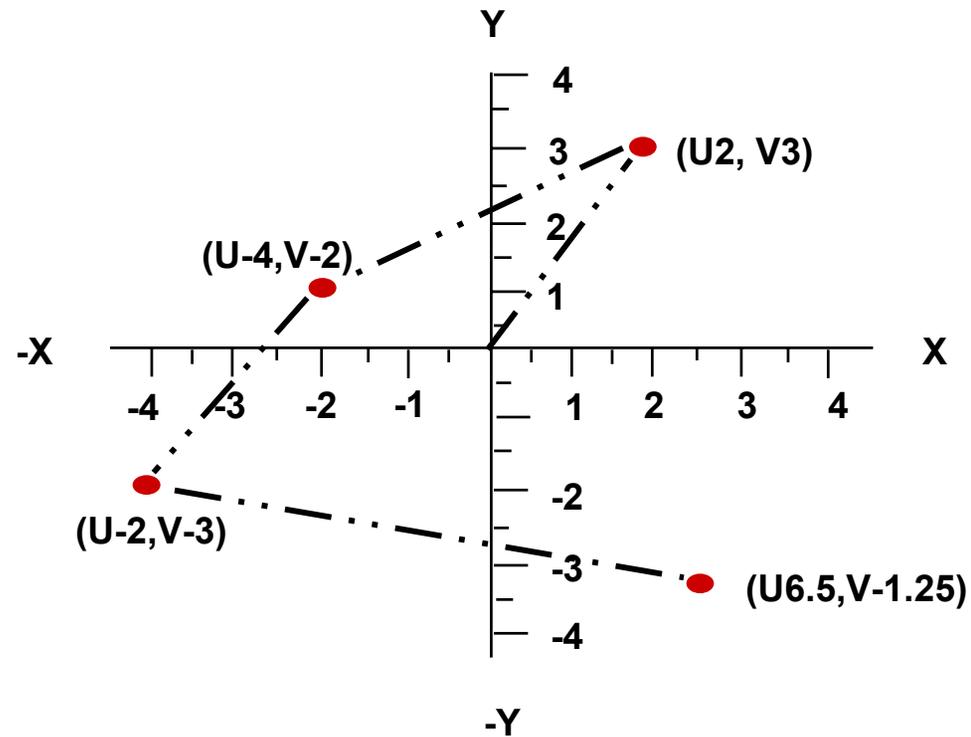
The diagram shows the notation for absolute coordinates: ( X(+)(-)\_ , Y(+)(-)\_ , Z(+)(-)\_ ). An arrow points from the word 'opcional' to the X coordinate part, and another arrow points from the word 'necesario' to the Z coordinate part.

# Coordenadas Absolutas



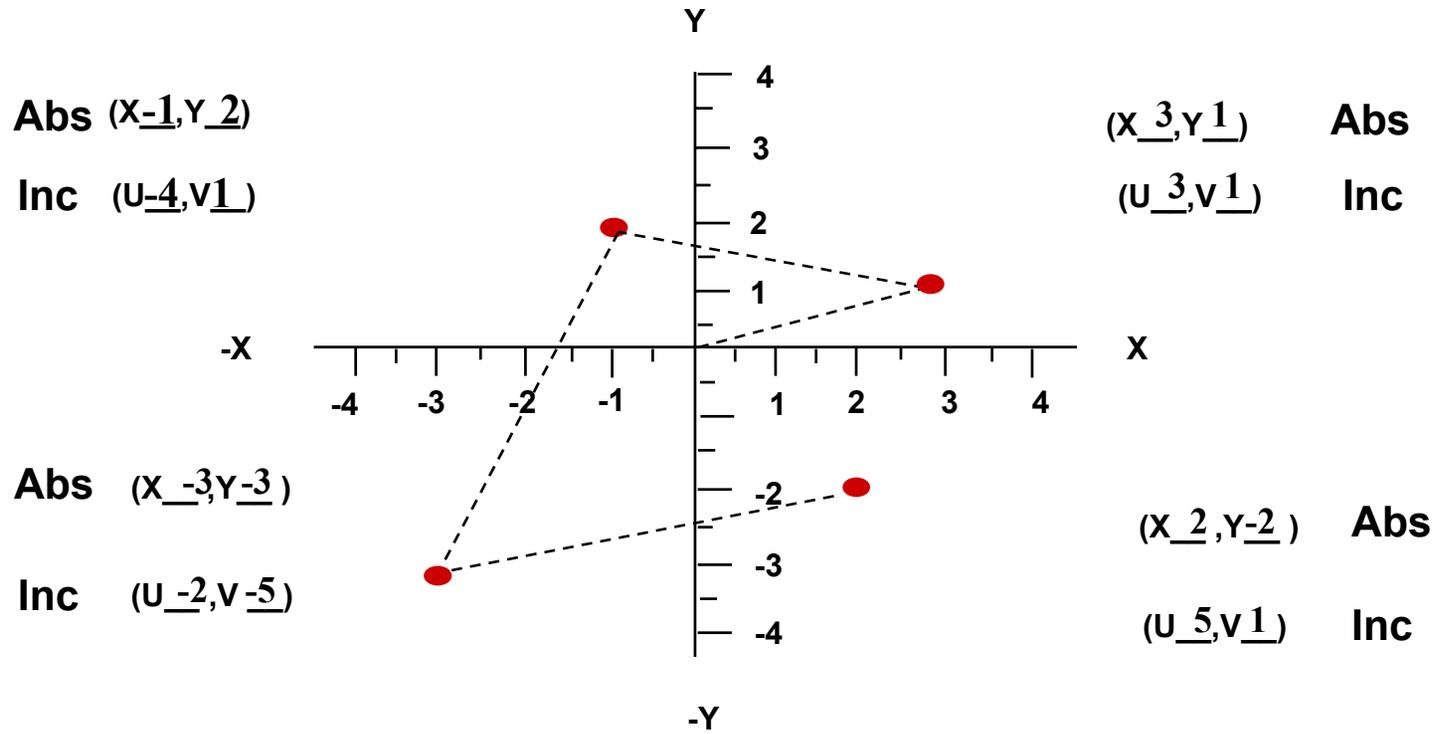
# Coordenadas Incrementales

Utiliza a la posición actual como punto de referencia para el siguiente movimiento



( U(+)(-)\_ , V(+)(-)\_ , W(+)(-)\_ )

# Ejemplos de Coordenadas



# INGENIERÍA DE MANUFACTURA

---

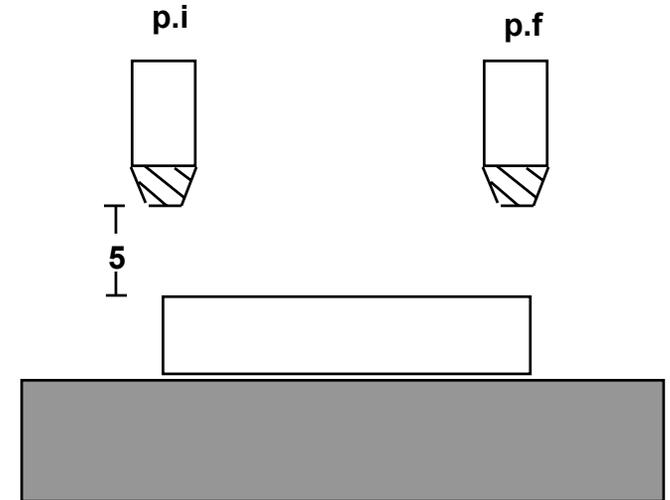
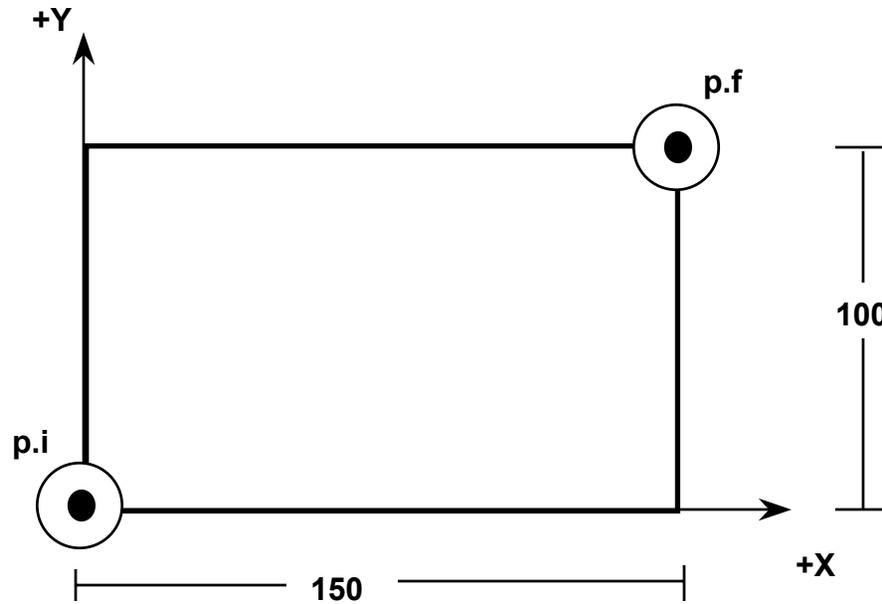
## Aplicaciones de Códigos de Maquinado

Ing. Ricardo Jiménez

# G00 Posicionamiento Rápido

Formato:

G00 X\_\_ Y\_\_ Z\_\_ ;

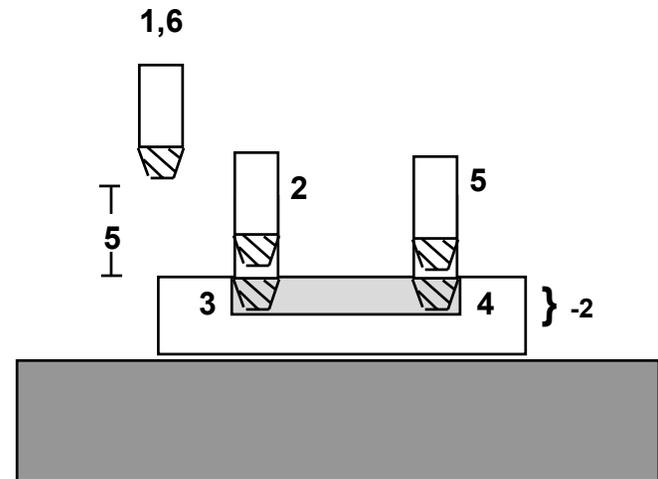
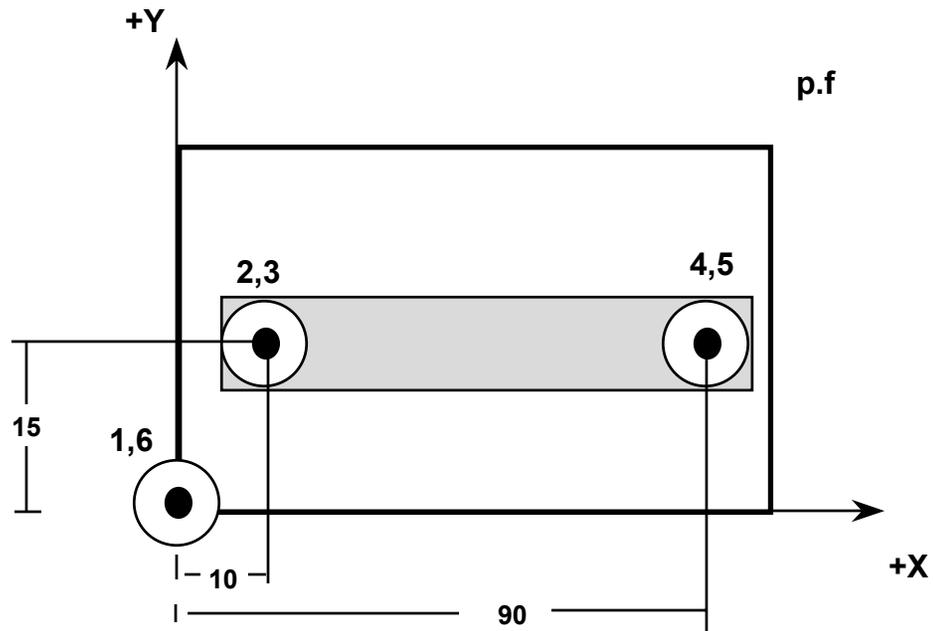


```
G00 X150 Y100 Z5;  
G00 Z0;
```

# G01 Interpolación lineal

Formato:

G01 X\_\_ Y\_\_ Z\_\_ F\_\_;



1 G00 X0 Y0 Z5;

2 G00 X10 Y15 Z0;

3 G01 Z-2 F100;

4 G01 X90 ;

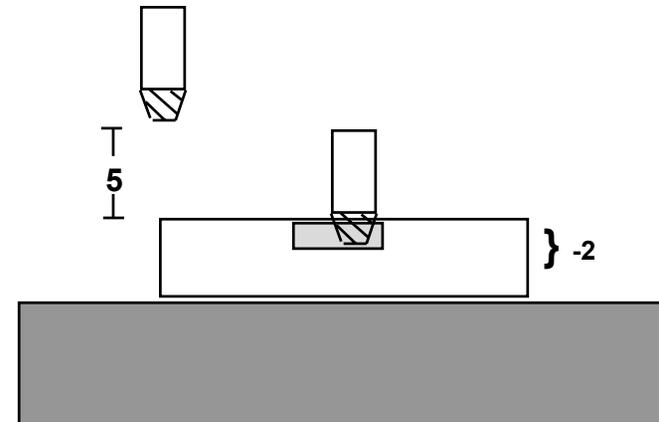
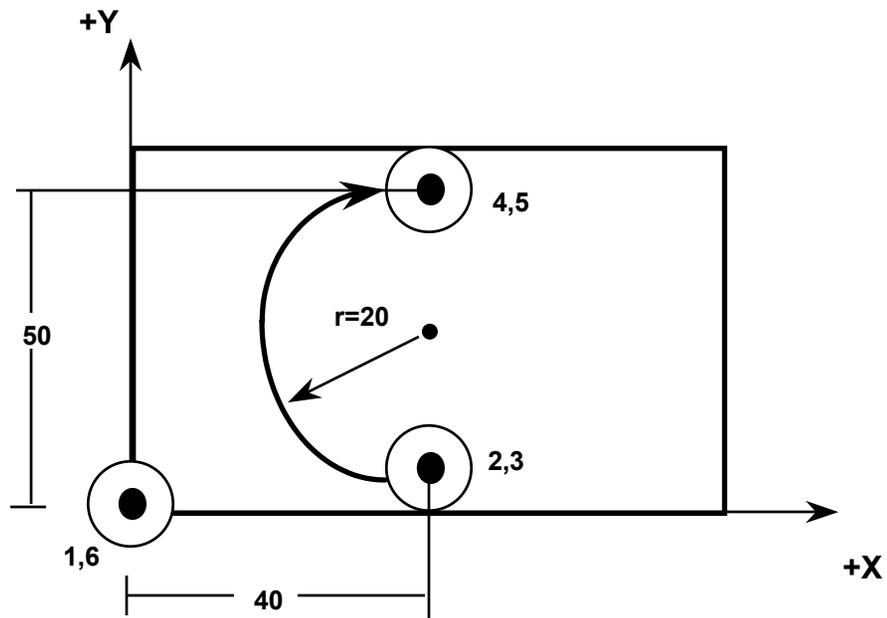
5 G01 Z0;

6 G00 X0 Y0 Z5;

# G02 Interpolación Circular CW

Formato:

G02 X\_ Y\_ Z\_ I\_ J\_ K\_ R\_ F\_;



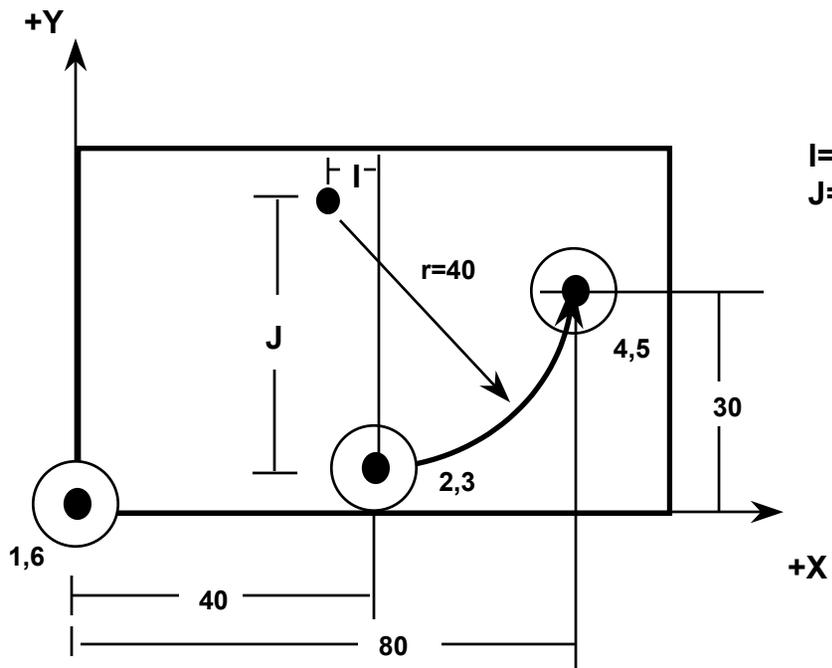
```
1 G00 X0 Y0 Z5;  
2 G00 X40 Y10 Z0;  
3 G01 Z-2 F100;  
4 G02 X40 Y50 R20;
```

```
5 G01 Z0;  
6 G00 X0 Y0 Z5;
```

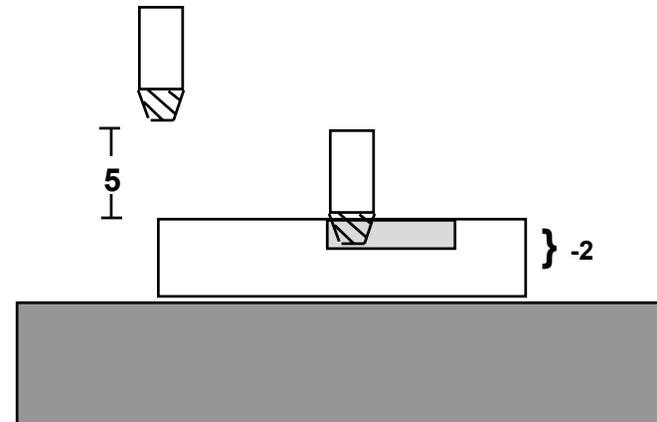
# G03 Interpolación Circular CCW

Formato:

G03 X\_\_ Y\_\_ Z\_\_ I\_\_ J\_\_ K\_\_ R\_\_ F\_\_;



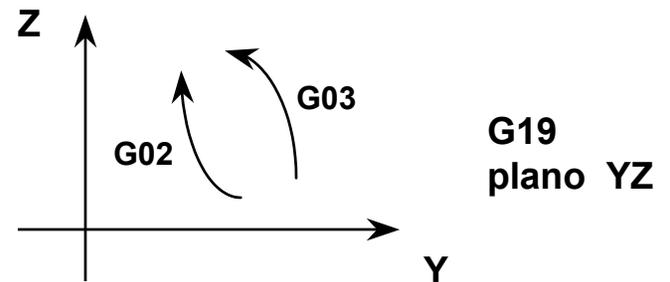
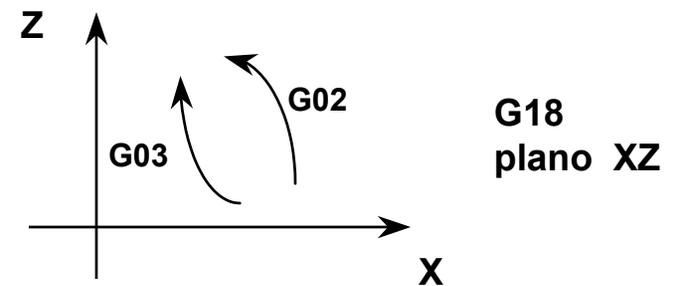
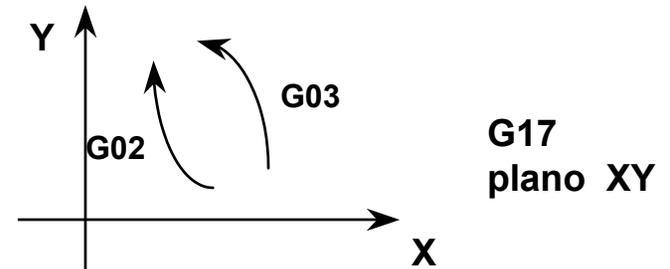
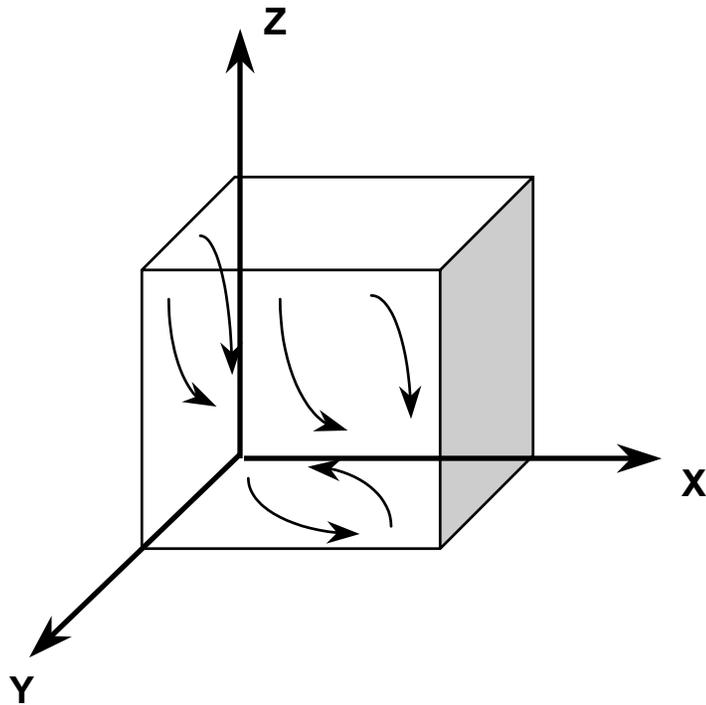
I= 5  
J= 45



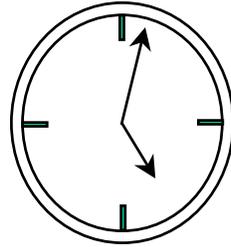
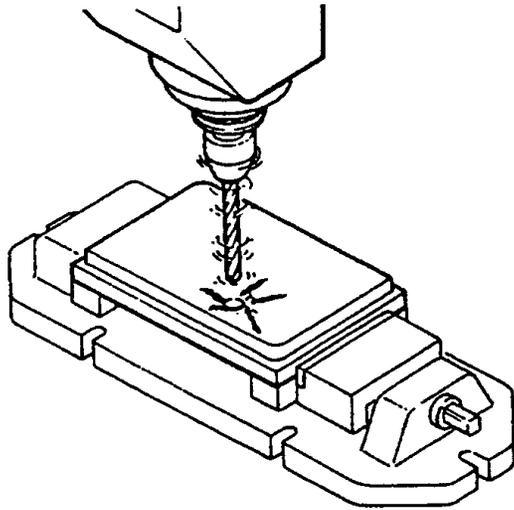
```
1 G00 X0 Y0 Z5;  
2 G00 X40 Y5 Z0;  
3 G01 Z-2 F100;  
4 G03 X80 Y30 I-5 J45;
```

```
5 G01 X40 Y30 Z0;  
6 G00 X0 Y0 Z5;
```

# G17,G18,G19 Selección del plano de trabajo



# G04 Pausa (suspender avance)



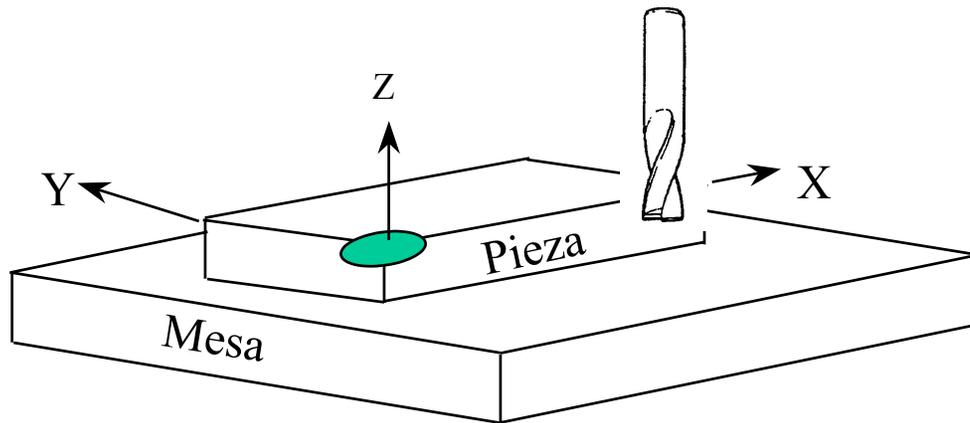
Formato:

N\_ G04 P\_

La herramienta permanece estática en una posición particular por un periodo de tiempo.

La letra P designa el tiempo de pausa en segundos.

# G20 Sistema de unidades en pulgadas (in)

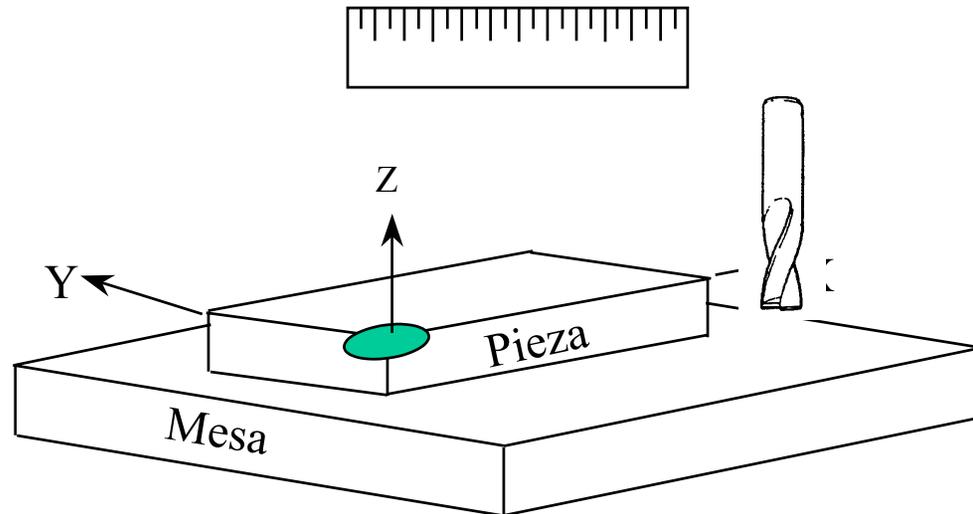


Formato:

N\_ G20

El sistema de dimensiones y avances se establece en pulgadas.

# G21 Sistema de unidades en milímetros (mm)

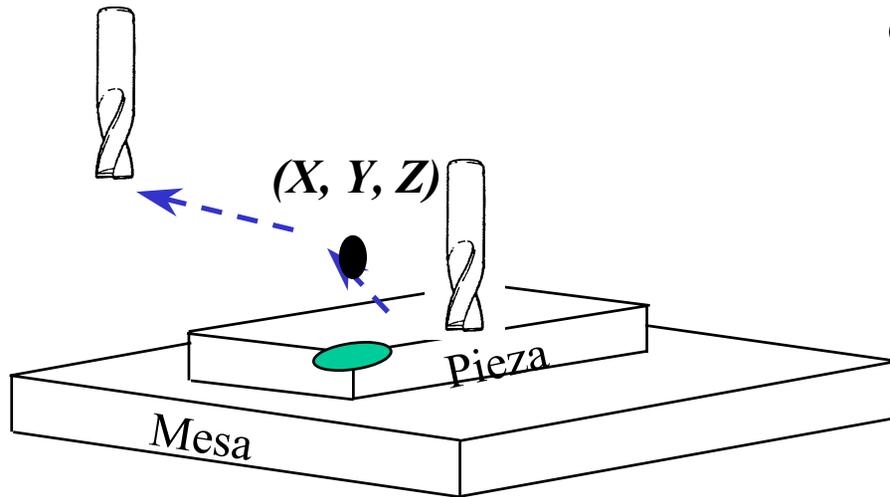


Formato:

N\_ G21

El sistema de dimensiones y avances se establece en milímetros.

# G28 Retorno automático a la posición cero



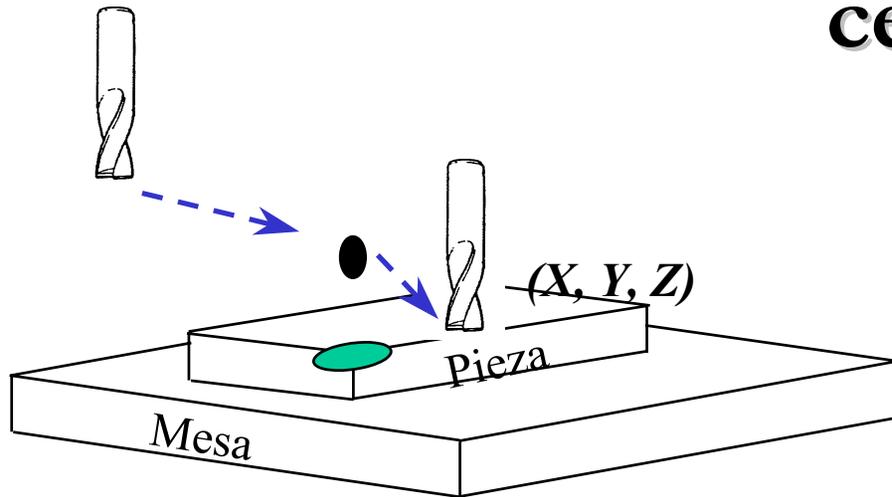
Formato:

```
N_ G28 X_ Y_ Z_
```

Traslada automáticamente la herramienta a la posición de retorno cero predefinida, pasando por un punto intermedio X Y Z.

Se utiliza principalmente para el cambio de herramienta.

# G29 Retorno automático de la posición cero

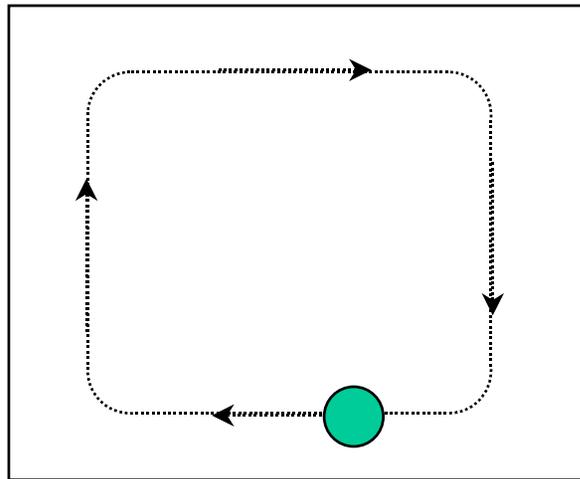


Formato:

```
N_ G29 X_ Y_ Z_
```

Traslada automáticamente la herramienta de la posición de retorno cero predefinida, pasando por un punto intermedio X Y Z definido por el código G28 hasta llegar al punto X Y Z definido en el código G29.

# G40 Cancelación de Compensación de Diámetro del Cortador

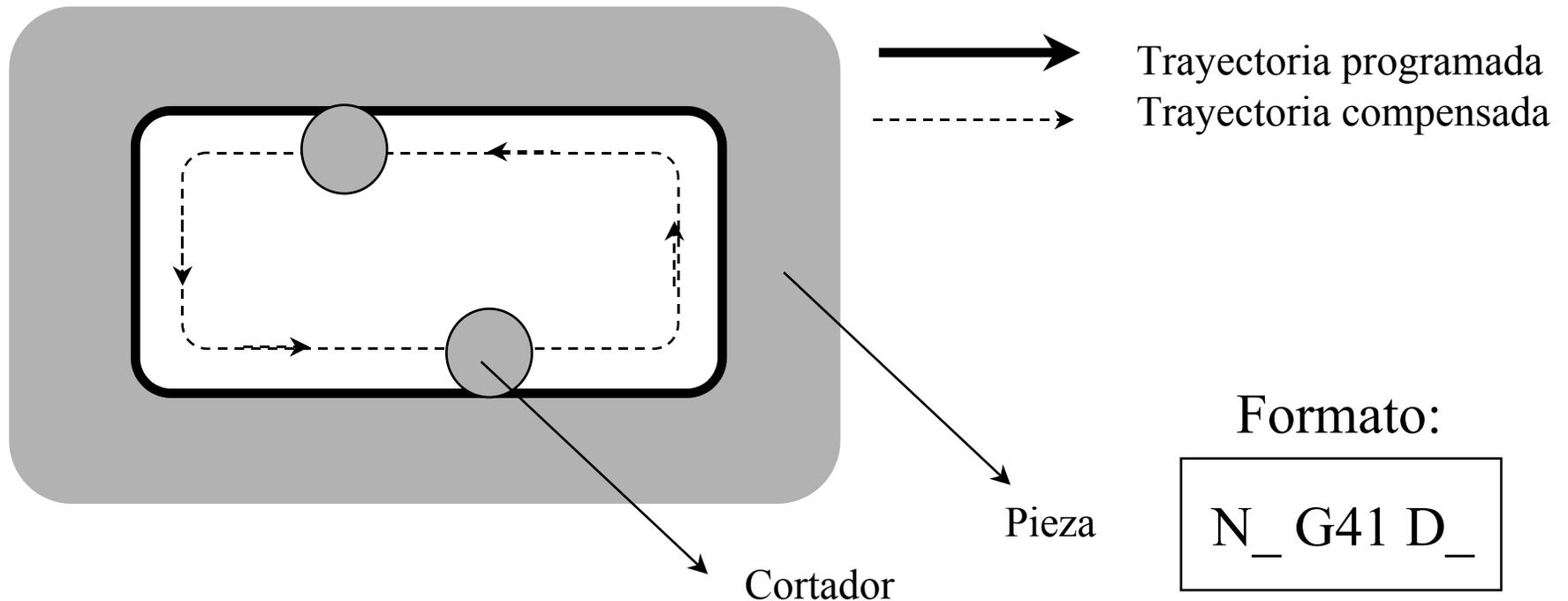


Formato:

N\_ G40

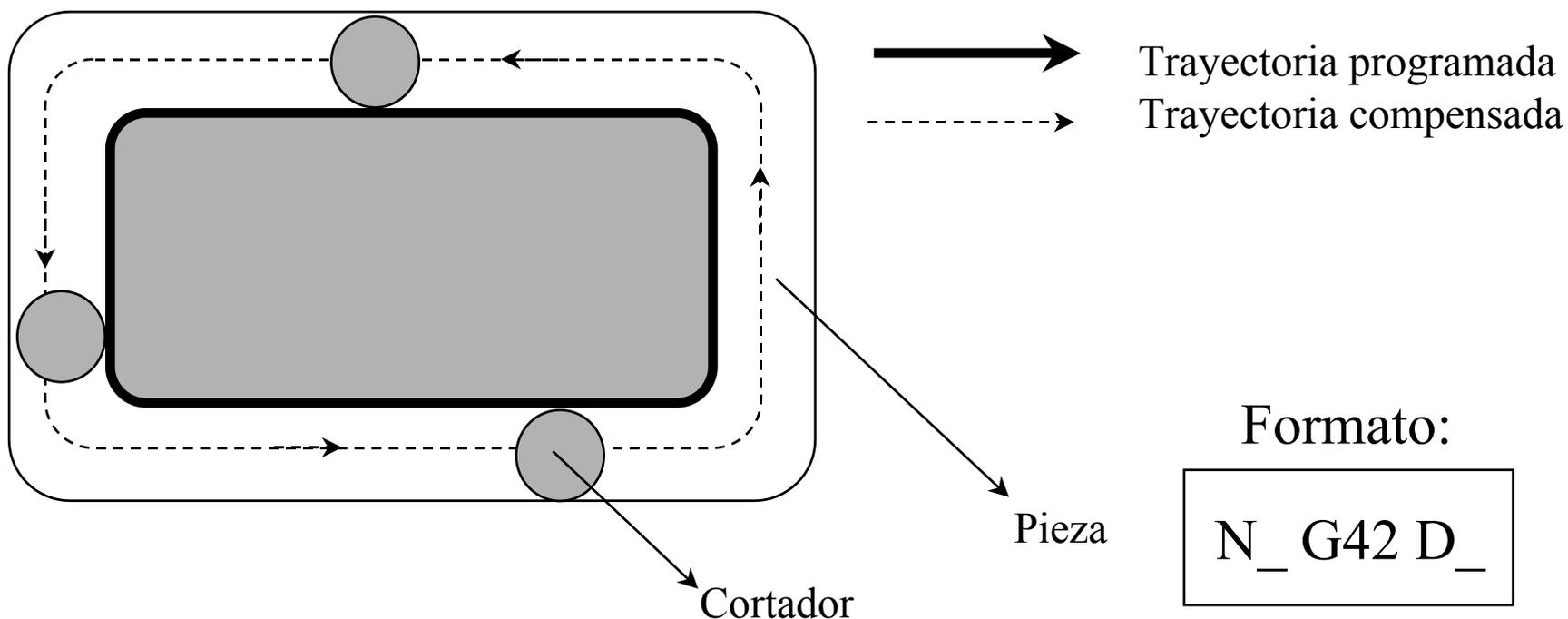
Cancela cualquier compensación que haya sido aplicada durante el programa y actúa como una seguridad para cancelar cualquier ciclo de compensación aplicado por programas previos.

# G41 Compensación hacia la izquierda del cortador



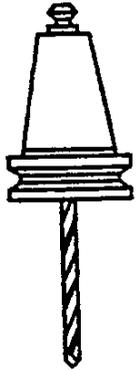
Compensa al cortador una distancia especificada hacia el lado izquierdo de la trayectoria programada.

# G42 Compensación hacia la derecha del cortador



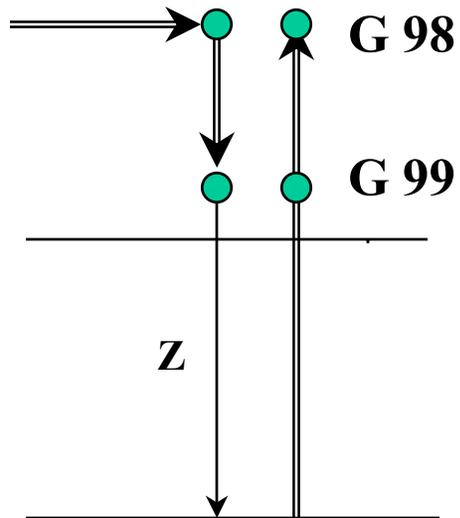
Compensa al cortador una distancia especificada hacia el lado derecho de la trayectoria programada.

# G80 Cancelación de ciclos



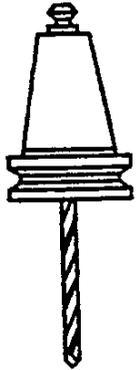
Formato:

N\_ G80



Cancela cualquier ciclo de taladrado que se haya programado anteriormente.

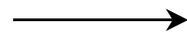
# G81 Ciclo de taladrado



Avance Rápido

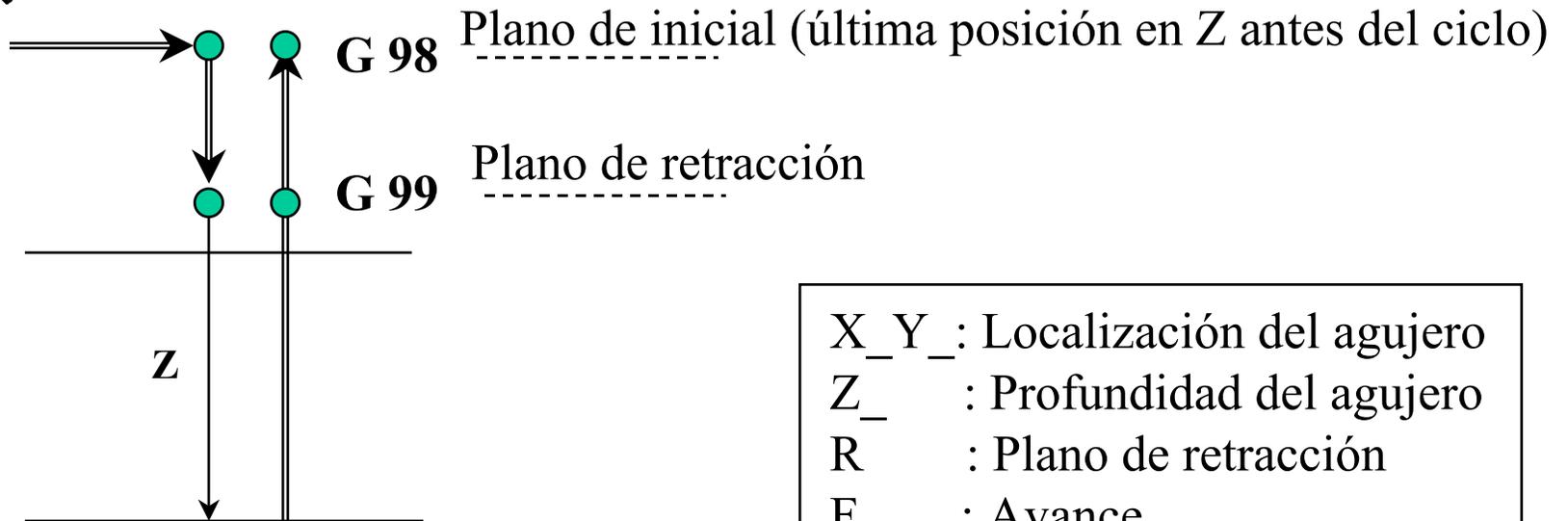


Avance de Corte



Formato:

```
N_ G81 X_ Y_ Z_ R_ F_
```



**G 98** Plano de inicial (última posición en Z antes del ciclo)

**G 99** Plano de retracción

X\_ Y\_ : Localización del agujero  
Z\_ : Profundidad del agujero  
R : Plano de retracción  
F : Avance

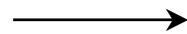
# G82 Ciclo de Taladrado con Pausa



Avance Rápido

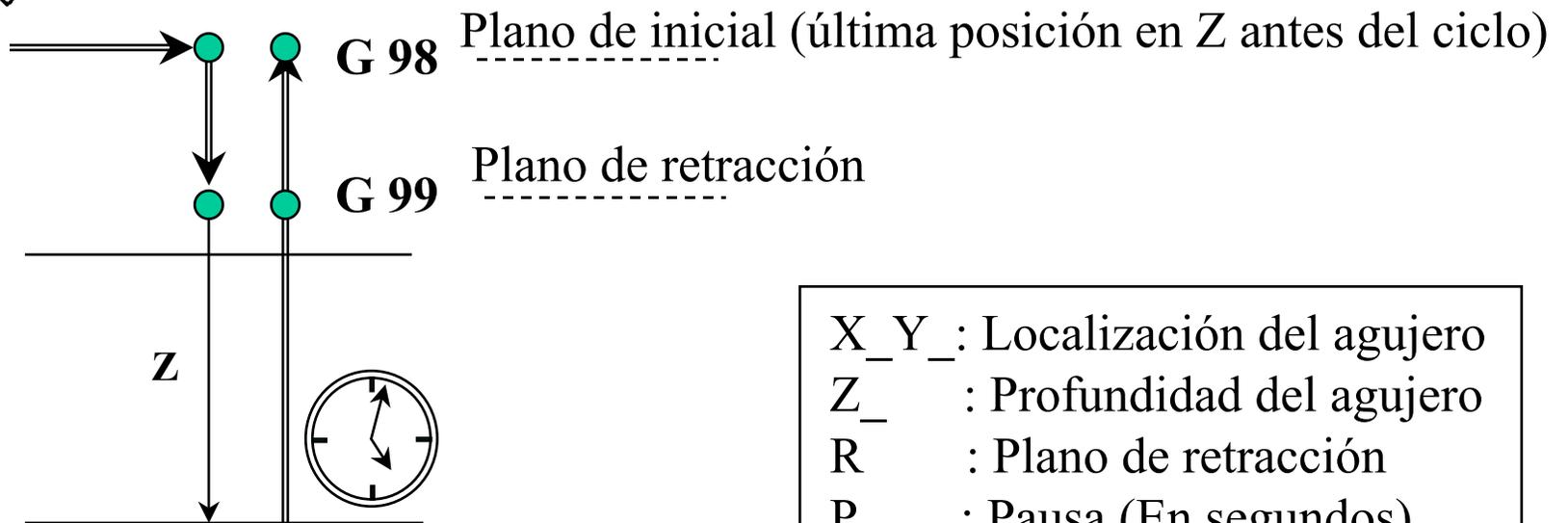


Avance de Corte



Formato:

```
N_ G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_
```

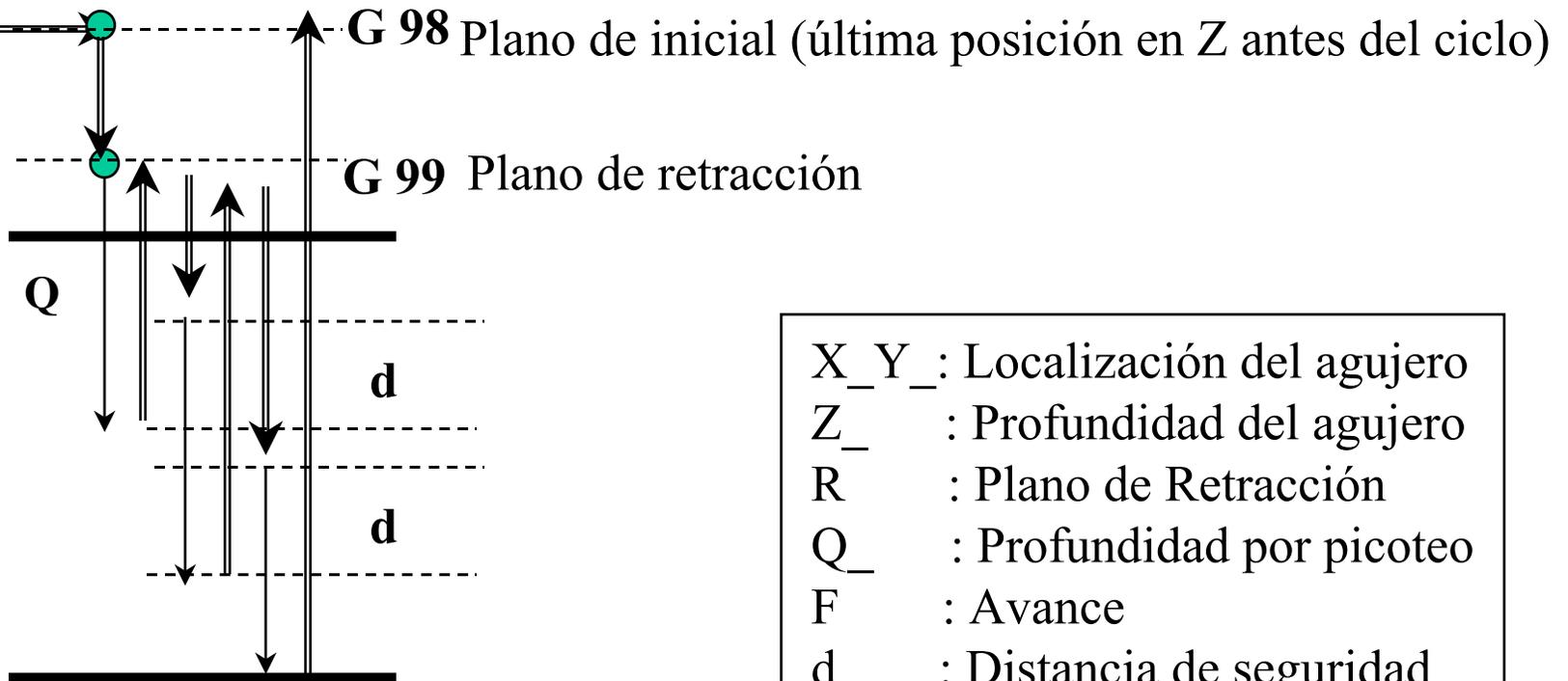
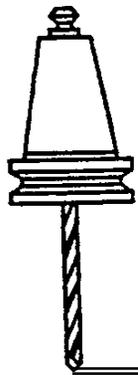


X\_ Y\_ : Localización del agujero  
Z\_ : Profundidad del agujero  
R : Plano de retracción  
P\_ : Pausa (En segundos)  
F : Avance

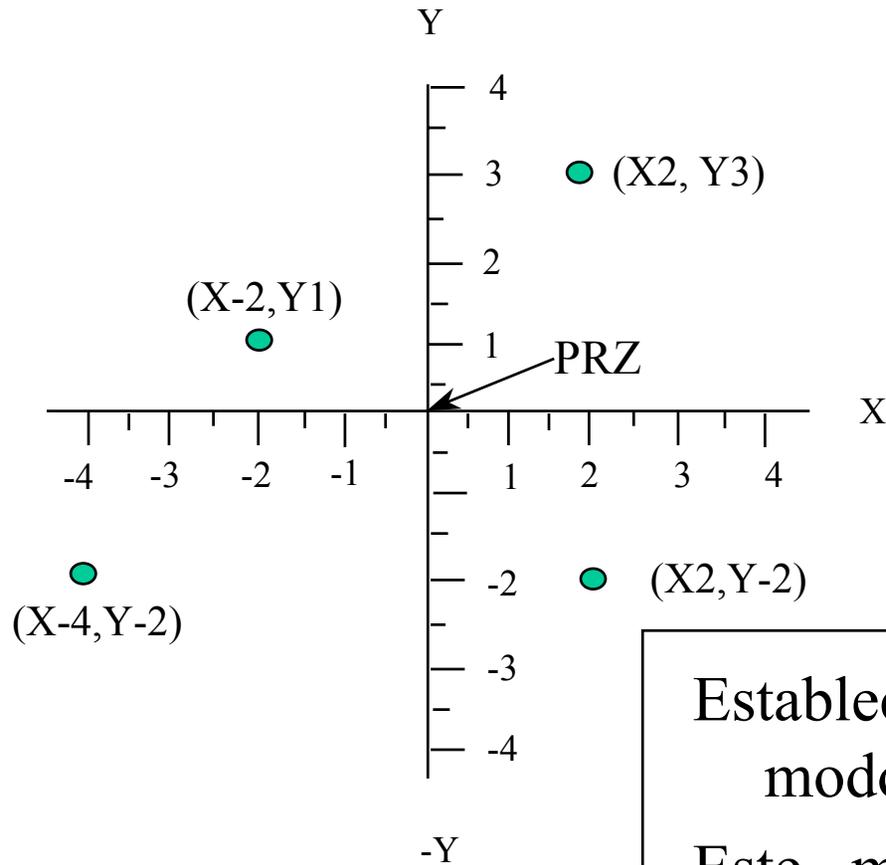
# G83 Ciclo de Taladrado Profundo

Formato:

```
N_ G83 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_
```



# G90 Sistema coordenado Absoluto



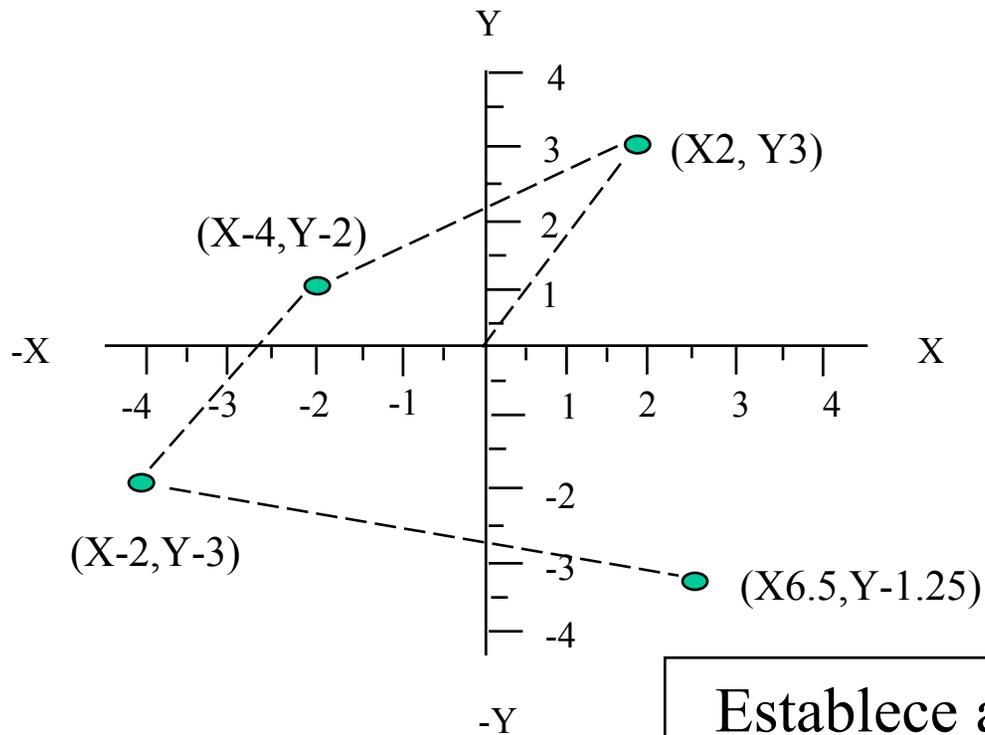
Formato:

N\_ G90

Establece al sistema de dimensiones en modo absoluto.

Este modo utiliza como punto de referencia el punto cero de la pieza.

# G91 Sistema coordenado Incremental



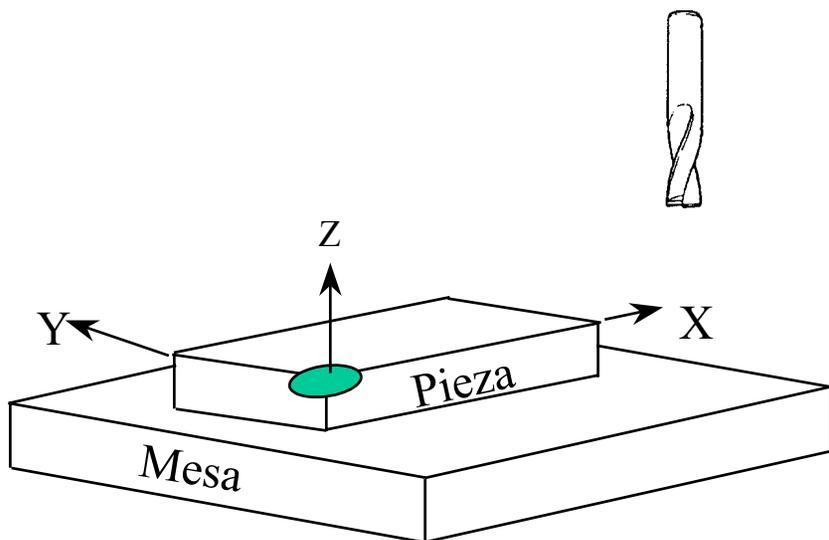
Formato:

`N_ G91`

Establece al sistema de dimensiones en modo incremental.

Este modo utiliza la posición actual como punto de referencia para el siguiente movimiento.

# M02/M30 Fin del Programa



Formato:

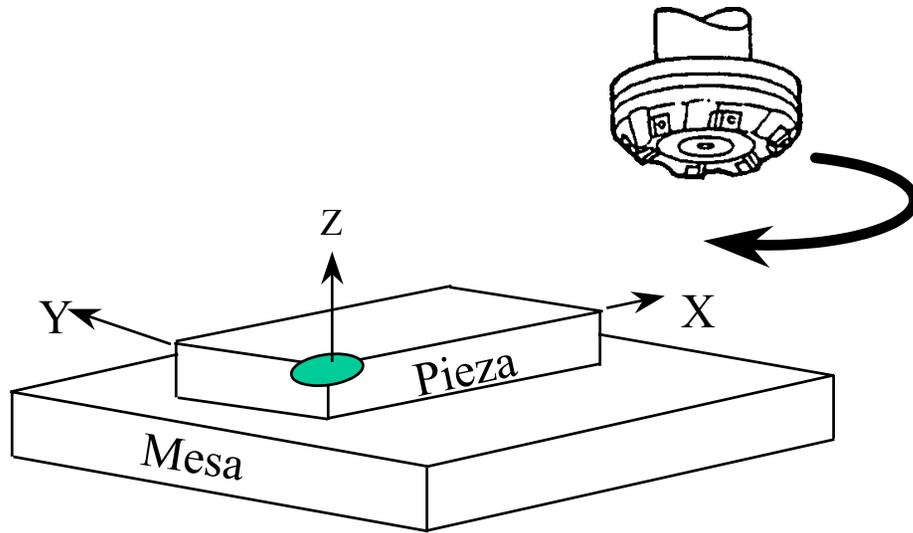
N\_ M02

N\_ M30

M02 Concluye la ejecución del programa y resetea al Control Numérico (Corta Energía).

M30 Termina y Resetea el programa de CNC.

# M03 Giro del husillo a favor de las manecillas del reloj (CW)

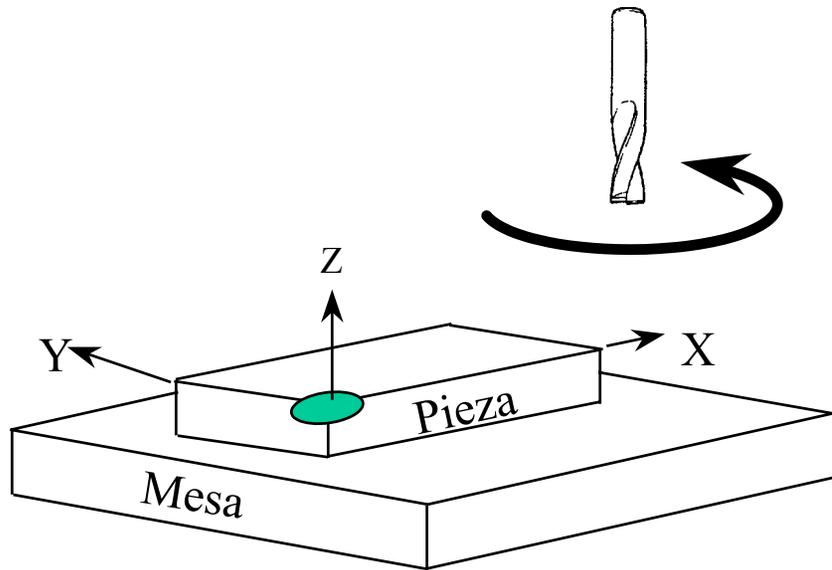


Formato:

N\_ M03 S\_

Establece el giro del husillo en dirección de las manecillas del reloj (CW)

# M04 Giro del husillo en contra de las manecillas del reloj (CCW)

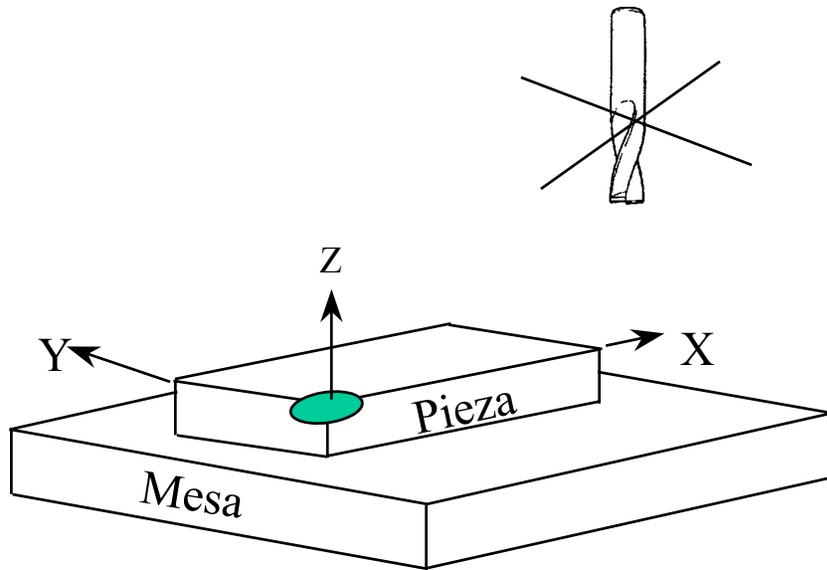


Formato:

N\_ M04 S\_

Establece el giro del husillo en dirección contraria al giro de las manecillas del reloj (CW)

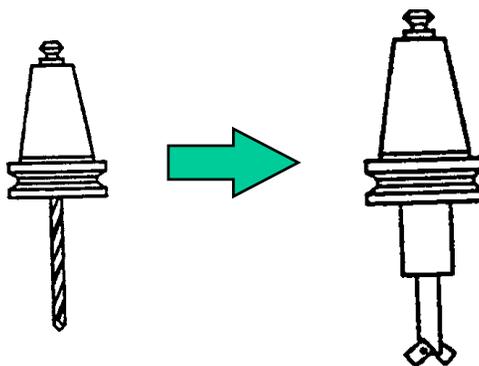
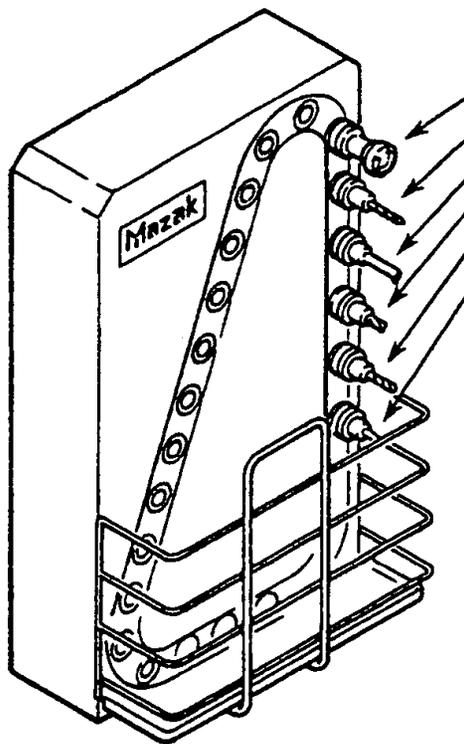
# M05 Paro del husillo



Formato:

N\_ M05

# M06 TXX Cambio de herramienta

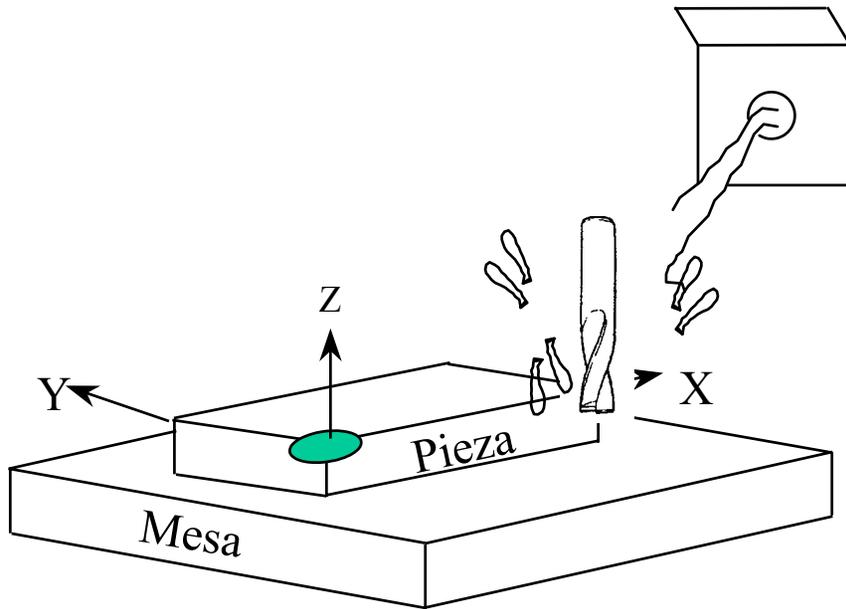


Formato:

N\_ M06 TXX

Efectúa el cambio de herramienta ubicada en la posición XX del almacén del magazine de herramientas.

# M08 Encendido del sistema refrigerante

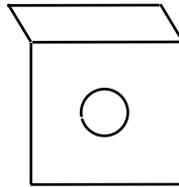
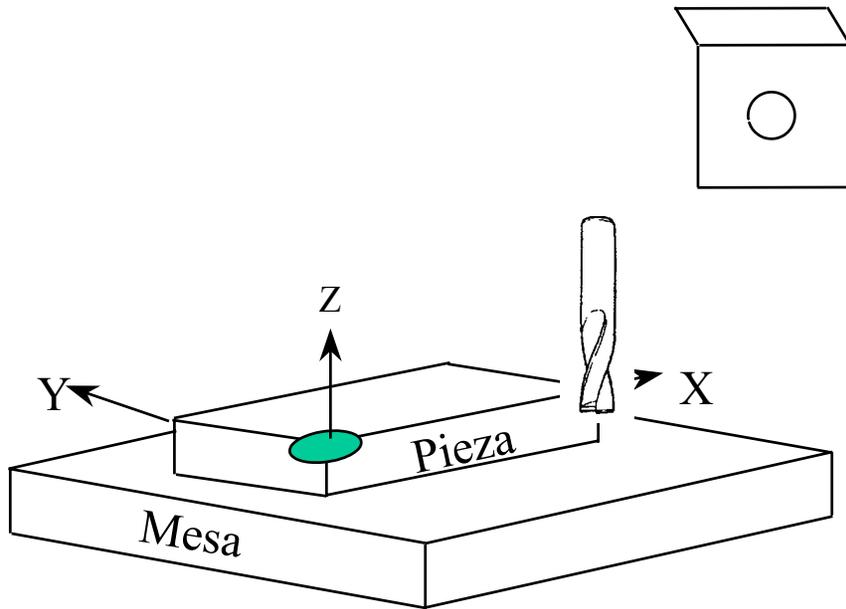


Formato:

N\_ M08

Enciende la descarga del refrigerante

# M09 Apagado del sistema refrigerante



Formato:

N\_ M09

Apaga la descarga del refrigerante

