



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**“ ARAGON ”**

9  
28

**Descripción y Utilización de un Centro de  
Maquinado con CNC**

**T E S I S**

**Que para obtener el Título de:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**Presenta:**

**FLORES COBIAN GABRIEL**

**TESIS CON  
ALLA DE ORIGEN**

**San Juan de Aragón, Edo. de Méx. 1993**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

## OBJETIVO DEL TRABAJO.

### CAPITULO I

I.1	NOCIONES DEL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO CNC....	1
I.2	HISTORIA DEL CONTROL NUMERICO.....	3
I.3	PANORAMA ACTUAL DEL CONTROL NUMERICO.....	7
I.4	TECNOLOGIA DE FABRICACION DE LAS MCH CON CN.....	8
I.4a	CONTROL DE POSICIONADO.....	9
I.4b	FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PASO A PASO.....	10
I.4c	SISTEMA DE MALLA CERRADA.....	13
I.4d	MEDIDA DE LOS DESPLAZAMIENTO.....	14
I.4e	CLASIFICACION DE LOS TRANSDUCTORES DE POSICION ..	14
I.5	CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS CAPTADORES DE POSICION.....	17
I.6	CAPTADORES DE POSICION PRINCIPALMENTE EMPLEADOS...	19

## CAPITULO II

II.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO Y CARACTERISTICAS.....	20
II.2 EXPLICACION DE LAS TECLAS MAS IMPORTANTES LOCALIZADAS EN EL PANEL DE CONTROL.....	22
II.3 EL PAPEL DEL EQUIPO DE CN EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS .....	33
II.4 DETERMINACION DE LOS MOVIMIENTOS DE UNA MAQUINA- HERRAMIENTA CON CNC.....	37
II.4a CAMBIO AUTOMATICO DE HERRAMIENTA (ATC).....	39
II.5 PARAMETROS Y DIAGNOSTICOS.....	40

## CAPITULO III

III.1 PROGRAMACION DEL CENTRO DE MAQUINADO.....	44
III.2 EJECUCION DEL PROGRAMA EN CN.....	45
III.3 INFORMACION QUE CONTIENE UN PROGRAMA.....	45
III.4 CONSTRUCCION DEL BLOQUE DE PROGRAMA.....	46
III.5 FUNCIONES PREPARATORIAS.....	49
III.6 FUNCIONES AUXILIARES.....	53
III.7 FUNCIONES DE INTERPOLACION.....	54
III.8 INTERPOLACION LINEAL.....	55
III.9 PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL.....	57
III.10 ERROR COMETIDO EN PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL.....	59

III.11	INTERPOLACION CIRCULAR.....	60
III.12	PROGRAMACION ABSOLUTA EN INTERPOLACION CIRCULAR...	62
III.13	PROGRAMACION INCREMENTAL EN INTERPOLACION CIRCULAR .....	63
III.14	INTERPOLACION CIRCULAR CON INDICACION DE RADIO....	64
III.15	FUNCIONES DE AVANCE.....	69
III.16	INSTRUCCION G 04.....	70
III.17	PUNTO DE REFERENCIA.....	70
III.18	SISTEMA DE COORDENADA.....	73
III.19	CAMBIO DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE TRABAJO..	79
III.20	FUNCIONES DE COMPENSACION.....	83
III.21	FUNCIONES PARA SIMPLIFICAR LA PROGRAMACION.....	96
III.22	REPETICIONES DE UN CICLO FIJO.....	102
III.23	CARACTERISTICAS DE LOS CICLOS FIJOS.....	103

#### CAPITULO IV

IV.1	COSTO DE PRODUCCION EN UNA MAQUINA CON CNC VS. UNA CONVENCIONAL.....	118
IV.2	COSTO.....	118
IV.3	FACTORES DEL COSTO DE PRODUCCION.....	119
IV.4	DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO.....	121
IV.5	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MAQUINAS CON CN .....	124
IV.6	CUANDO SE DEBE USAR EL CONTROL NUMERICO ?.....	127

IV.7 PASOS A SEGUIR PARA EL MAQUINADO DE UNA VALVULA....129

IV.8 FORMA DE REALIZAR EL PROGRAMA.....137

APENDICE 1

APENDICE 2

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA.

## CAPITULO I

### I.1 NOCIONES DEL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC).

En las empresas de manufatura las máquinas -herramientas- están agrupadas a manera de facilitar el movimiento de las piezas a través de ellas, es decir, cuando una pieza requiere maquinados de fresado, mandrinando y barrenado, por ejemplo, es lógico pensar que se obtendrá una eficiencia mayor si las máquinas que -- realizan cada operación estuvieran más cerca de la otra, pero -- aun mayor, si están en una sola máquina, esto forzó la utilidad de nuevas técnicas que permitieran sustituir al operador humano por una máquina de multiple utilización.

De esta manera se intrdujó la ingeniería de control en los procesos de fabricación, aparición que viene impuestas por diversas razones.

- Era necesario manufacturar productos que no se podían fabricar con cantidad y calidad suficientes sin la automatización del proceso de fabricación.
- Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles de muy difícil fabricación por ser excesivamente complejos, para ser controlados por un operador humano.
- Necesidad de reducir el costo en la fabricación de los -- productos.

Para la solución de estos problemas, se han desarrollado para cada uno de ellos diferentes dispositivos automáticos de tipo mecánico, electromecánico, neumático, hidráulico, etc.

Es importante mencionar que al principio lo único que se considera como esencial fue el aumento en la productividad, pero posteriormente han hecho su aparición otros elementos que desde un punto de vista particular requieren de la mayor atención, precisión, rapidez y flexibilidad que junto con la productividad permitió el rediseño de nuevos dispositivos electrónicos bajo la función de los elementos ya mencionados.

Por lo anterior, hacia 1952 surgió lo que podríamos llamar el primer control numérico verdadero como una necesidad impuesta por la industria aeronáutica.

El control numérico (CN) es un sistema que, aplicado a máquinas-herramientas-, automatiza y controla todas las acciones de la máquina. En general con un CN pueden controlarse:

- Los movimientos de los carros o del cabezal.
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte.
- Los cambios de herramientas, así como de piezas.
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina en cuanto a su modo de trabajar (con/sin refrigerante, frenos, etc.)

Además de lo anterior, el CN se encarga de coordinar otras funciones, por ejemplo:

- Control de flujos de información.
- Control de sintaxis de programación.
- Diagnóstico de su funcionamiento, etc.

## I.2 HISTORIA DEL CONTROL NUMERICO

En el año de 1945 un hecho de gran trascendencia tuvo lugar en la Escuela de Ingeniería "Moore" de la Universidad de Pensilvania en Philadelphia, E.U., cuando los doctores John W. Maudily y J. Presper Eckerst, crearon la primer computadora electrónica con fines prácticos.

Esta fue llamada ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), la cual era sumamente básica en relación a las operaciones que desarrollaba y además muy difícil de programar. La ENIAC fue el resultado de un programa de desarrollo de alta prioridad patrocinado por los Estados Unidos, para crear un método que imprimiera velocidad a los cálculos científicos y de ingeniería, necesarios durante la Segunda Guerra Mundial. Esta Guerra produjo gran impacto en las áreas como la industria de la aviación que alcanzó un alto grado de diseño y complicación generando una gran demanda de refacciones que tenían que satisfacerse por la industria existente.

En concreto y contrario a lo que se pudiera pensar el control numérico de máquinas herramientas no fue concebido para mejorar

los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas - cada vez más difíciles de maquinar.

Un ejemplo de esto fue una pequeña compañía dedicada a fabricar partes de la industria aeronáutica, la Parsons Corporation, localizada en el estado de Michigan en E.U., quien obtuvo un contrato para fabricar las aspas de los rotores para helicópteros. Este trabajo exigía gran precisión en el contorno de las piezas. El Sr. Parsons dueño de la empresa y su asociado el Sr. Stulen se habían enterado de los avances desarrollados por los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial, utilizando máquinas perforadoras de tarjetas, empleadas comunmente en trabajos de contabilidad, decidieron usar esta idea para verificar los contornos de las aspas, posteriormente procedieron a probar su teoría, fabricando calibradores Patrón para medir los contornos de los diferentes tipos de aspas, haciendo uso de una fresadora normal y consideraron que una de las manivelas para mover la mesa sería el eje "X" y la otra el eje "Y" también asignaron un operador - para cada manivela, que debiera mover la mesa la distancia calculada en la tabla del contorno.

Los contornos maquinados así fueron más exactos que cualquiera de los calibres patrón disponibles en ese momento así que diseño de una ala de avión fabricada en una sola pieza. Aparentemente no existía una forma práctica para conseguir el maquinado de curvas en tres planos con tan exacta tolerancia, pero si el - - equipo usado para tabular podía aplicarse en dos ejes en

movimiento, era factible aplicarlo para tres ejes también. Esta idea fue apoyada por la base aérea de Wright-Patterson y su grupo de tecnología quien lo promovió dentro de la fuerza aérea de los Estados Unidos, para junio de 1949, se trabajaba en el proyecto.

En octubre de 1949, se asignó al laboratorio de servomecanismos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el proyecto para diseñar los servomecanismos para la máquina herramienta que se utilizaba en el proyecto y al mismo tiempo el MIT trabajaba en el diseño de la computadora Whirlwind y en otros aspectos de diseño general del proyecto. Al final fue el MIT, quien tomó la coordinación general del proyecto y no fue sino hasta 1952, cuando el esfuerzo del MIT y el Sr. Parsons fructificó por medio de una fresadora marca Cincinnati, modelo Hydrotel con una unidad de control fabricada en el laboratorio, la cual podía ser programada por medio de instrucciones proporcionadas en forma de cinta de papel perforada y con la capacidad de maquinar partes con contornos en tres ejes o planos.

El nacimiento del control numérico aplicado a las máquinas herramientas fue hecho público en noviembre de 1954. De esta forma algunos de los fabricantes de máquinas herramientas se interesaron en la idea y empezaron a producir equipos dotados de control numérico.

En 1958 se creó otro concepto dentro de la industria al producir la Compañía Kearney & Trecker, el primer centro de maquinado disponible a nivel comercial. La máquina era de modelo - - -

"Milwaukee-Matic" y tenía la capacidad de fresar, barrenar, mandrinar y machuelear. En la exposición de Chicago en el año de -- de 1960, ya se encontraban 156 máquinas diferentes equipadas -- con control numérico y 48 sistemas de control disponible a la -- venta.

La industria europea, tardó más en aceptar el concepto de control numérico, y en 1959, es cuando aparecen las máquinas con -- este control, en la exposición europea de máquinas - herramientas presentada en Milan existían 120 máquinas equipadas con control numérico. Esto en 1963

De esta forma el concepto control numérico (CN) se ha desarrollado en una forma vertiginosa, apoyado también en la evolución tecnológica de las computadoras.

También este desarrollo ha repercutido en el diseño y funcionamiento de las unidades de control, ya que debido a la creación de elementos como microprocesadores, circuitos miniaturizados, etc., el aprovechamiento y capacidad de la unidad de control ha ido creciendo en forma paralela y la tendencia existente nos ha ce pensar en sistemas cada vez más completos y de mayor capacidad. De esta forma se puede hablar de diferentes etapas de control numérico, aplicado a las máquinas - herramientas, las cuales se indican a continuación:

- a) La primera etapa o nacimiento comprende desde la creación -- del primer sistema a base de bulbos hasta la utilización del transistor en los sistemas de control.

b) La segunda etapa comprende un periodo de desarrollo y perfeccionamiento de los sistemas utilizados hasta el momento, -- obteniéndose como resultado el llamado control numerico computarizado.

Control Numérico Computarizado (Computer Numerical Control), mejor conocido como CNC, el cual se inicia al incorporar los avances obtenidos en el campo de los microcircuitos y microprocesadores a las computadoras. También se desarrolla el DNC (Direct Numerical Control), que consiste en controlar todo el proceso de fabricación, y cada una de las máquinas que intervienen en él, por medio de una computadora central. De esta forma nace una nueva corriente tecnológica denominada CAD-CAM (la computadora aplicada al diseño y a la manufactura), que desarrolla la aplicación de las computadoras en el campo de diseño y la manufactura.

### I. 3 PANDRAMA ACTUAL DEL CONTROL NUMERICO EN MEXICO.

El CN ha sido aceptado por la mayoría de los empresarios mexicanos, quienes al ver la serie de ventajas que para ellos representa su empleo; han optado por cambiar sus máquinas convencionales por máquinas con CN.

En la actualidad existen diferentes casas importadoras de este tipo de máquinas y ofrecen grandes facilidades para la adquisición de máquinas, tal es el caso de ANDEX y DANOBAT MEXICANA, -- por mencionar algunas, estas casas ofrecen una gran variedad de máquinas con CNC, como son FANUC, HITACHI SEIKI, SIEMENS entre otros.

Es importante mencionar las causas principales que permitieron a la industria mexicana tomar decisiones favorables hacia el empleo del CNC.

El tremendo auge en la industria de todas sus ramas, lo que ha incrementado la demanda de productos con buena calidad y a muy buen precio.

La escasez cada vez mayor de mano de obra calificada, para manejar las máquinas convencionales.

La adquisición de máquinas con CN reduce el número de máquinas en una empresa logrando así un ahorro en espacio, consumo de energía y una mayor seguridad del operador.

#### 1.4 TECNOLOGIA DE FABRICACION DE LAS MAQUINAS - HERRAMIENTAS CON CN.

El equipo de CN calcula cualquier secuencia operacional y envía las órdenes necesarias para que la máquina materialice, en forma de movimientos dichos cálculos.

Para que el cálculo hecho por el control y el desplazamiento -- realizado por la máquina correspondan, dichas máquinas han sido equipadas con los elementos que le son necesarios, por ejemplo: los transductores de posición, dando así origen a una nueva tecnología de fabricación.

Entre los puntos más importantes en la fabricación de estas máquinas podemos mencionar las siguientes:

- Control de posicionamiento
- Medida de los desplazamientos
- Características de diseño
- Cambio automático de herramientas.

#### 1. 4a CONTROL DE POSICIONAMIENTO

El control numérico de un órgano móvil tiene por objeto conducir automáticamente a una posición determinada, sea siguiendo una trayectoria recta o curva. Cuando una orden ha sido emitida, es preciso cerciorarse de que el órgano móvil (útil) adopta la posición exacta. Para ello se utilizan dos sistemas:

- 1) Sistema de malla abierta
- 2) Sistema de malla cerrada

#### - SISTEMA DE MALLA ABIERTA

En este sistema se suprime el retorno de la información del transductor de posición y se utilizan motores paso a paso. El principio de funcionamiento de estos motores se presenta particularmente para máquinas que trabajan por contaje de impulsos. (Ver fig.I.1).

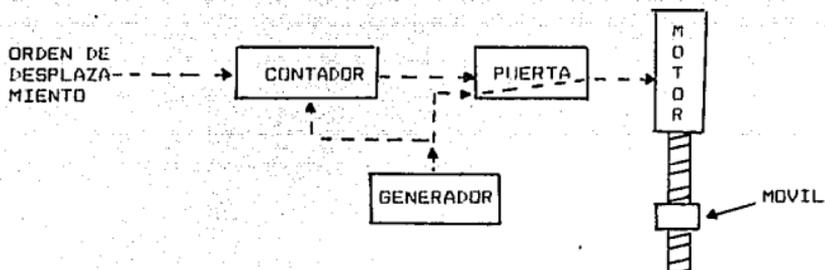


FIG. I.1 SISTEMA DE MALLA ABIERTA

El motor paso a paso incluye un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que su bobina de mando recibe un impulso eléctrico.

Entre el generador y el motor se ha dispuesto un circuito de apertura y cierre (puerta). El contador preseleccionado cierra la puerta cuando ha recibido el número de impulsos correspondientes al desplazamiento a realizar.

#### 1. IV6 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PASO A PASO

El motor paso a paso permite controlar desplazamientos y velocidades de manera muy sencilla. Está alimentado por un tren de impulsos, en el que el número (de impulsos) fija el curso y la cadencia, la velocidad. A cada impulso el rotor gira un paso, por ejemplo 2°.

El funcionamiento es el siguiente: el desplazamiento deseado es comunicado a un control bajo la forma de impulsos, este traduce los impulsos en señales que excitan sucesivamente las diversas fases del estator accionándose así el husillo.

El principio de funcionamiento se puede ver representado en la figura I.2 en la cual se observan de izquierda a derecha las cuatro fases sucesivas de una secuencia de excitación, las fases creadas son las siguientes:

- Un flujo de polaridad S en fase 1
- Un flujo de polaridad S en fase 2
- Un flujo de polaridad N en fase 1
- Un flujo de polaridad N en fase 2

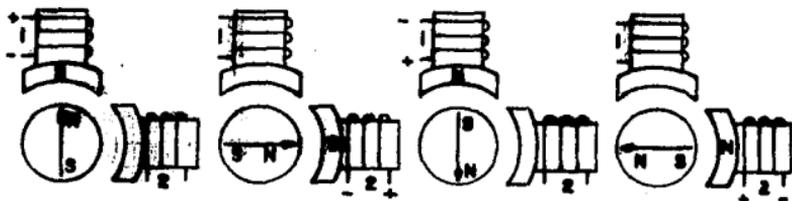


FIG.1.2 FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR PASO A PASO CON GIROS DE 90

Como se observa en la figura I.2 a cada cambio de excitación en los polos del estator el motor gira un cuarto de vuelta ( $90^\circ$ ), - en sentido de rotación igual a las manecillas del reloj. Sin embargo un paso de  $90^\circ$  es muy grande por lo cual nos daría avances del móvil grandes también, por lo tanto es necesario disminuir este paso, una manera de reducirlo es la siguiente. Basta con excitar simultáneamente varias faces del estator, es decir, en vez de excitar las dos fases del separado, se les excita al mismo tiempo, por lo cual, los flujos se cambian vectorialmente el paso se reduce entonces a  $45^\circ$  si la conmutación se efectúa en el orden 1-2, 2, 1-2, ver fig. I.3

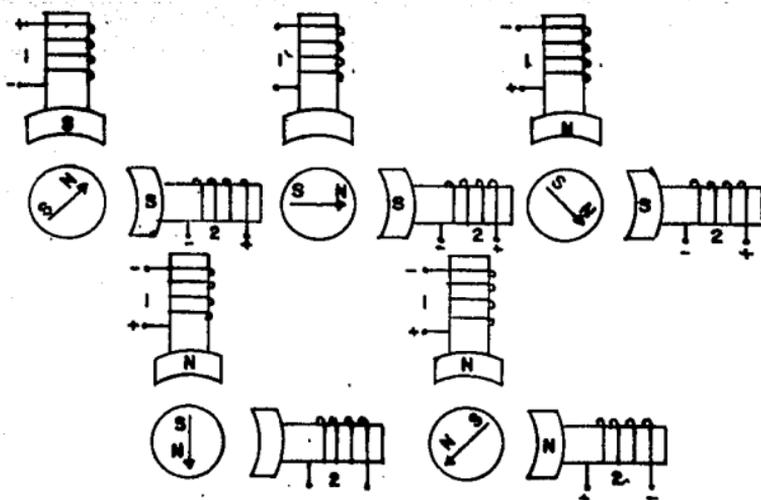


FIG. I.3 FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR PASO A PASO CON GIROS DE  $45^\circ$

### 1. IVC SISTEMA DE MALLA CERRADA

Este sistema consiste en comparar en todo momento la posición - del móvil con la orden dada. La señal que se emite al motor es función de la relación entre la posición y la orden ver fig. I.4

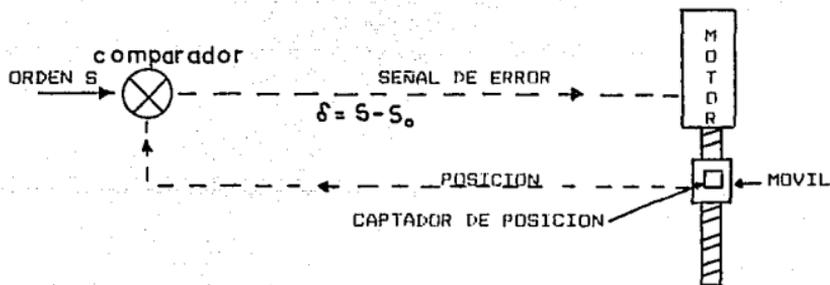


FIG. I.4 SISTEMA DE MALLA CERRADA

Las máquinas que usan este sistema tienen, normalmente dos ma--  
llas de retorno de información, una para el control de la posi-  
ción y otra para el control de la velocidad de desplazamiento -  
del móvil, ya que antes de alcanzar la cota deseada disminuye  
la velocidad de este para conseguir un posicionado correcto.

#### 1. 4d MEDIDA DE LOS DESPLAZAMIENTOS

La medida de los desplazamientos o de las posiciones de los ór-  
ganos controlados (ejes) de los equipos de control numérico ,se  
registran en todo momento y sentido a través del transductor  
de posición. El papel del transductor de posición es el de tra-  
formar el desplazamiento del móvil de magnitud mecánica en mag-  
nitud eléctrica, para ser analizado por el equipo de control.  
La variedad de los modelos de captadores utilizados es conside-  
rablemente reducida, es por tanto útil tener las ideas claras -  
sobre los principios y métodos de medida, así como el funciona-  
miento de los modelos mas corrientes.

#### 1. 4e CLASIFICACION DE LOS TRANSDUCTORES DE POSICION

Los transductores de posición se pueden clasificar en función -  
de los siguientes conceptos:

- Por la naturaleza de las informaciones analógicas o digi-  
tales.

- Por la relación entre la magnitud mecánica y la magnitud eléctrica: absoluta o incremental.
- Por el emplazamiento del transductor en la cadena de control: medida directa o indirecta.
- Por la forma física del transductor: lineal o rotativo.

#### -CAPTADORES DE POSICION ANALOGICOS Y DIGITALES.

Un sistema de medida analógica de una correspondencia entre las posiciones del órgano de la máquina controlada y un valor físico, tal como una tensión.

La precisión de la medida depende de la del captador y de su poder de resolución, así como de los factores mecánicos que intervengan en el ciclo de medición, como arrastres, dilataciones, etc. en el husillo.

Un sistema de medida digital no permite caracterizar más que un número finito de posiciones, con la exclusión de toda posición intermedia.

#### -CAPTADORES DE POSICION ABSOLUTOS E INCREMENTALES.

- Captadores de posición absolutos.

Los captadores absolutos dan una señal ligada de manera unívoca al valor medido, independientemente de toda medida anterior. La existencia de esta relación unívoca permite referir todos los -

puntos medidos a un punto fijo adoptado como origen fijo.

Los captadores de posición absolutos, a su vez, pueden ser de tipo analógico o digital.

- Captadores de posición incrementales.

Estos captadores tienen dividido su campo de medida en un número entero de pasos o incrementos de longitud definida e idéntica; no puede haber diferencias entre unos y otros.

A esta categoría solamente pertenecen los captadores digitales.

-CAPTADORES DE POSICION DE MEDIDA DIRECTA O INDIRECTA

Se dice que es captador de posición de medida directa cuando no existe ningún elemento mecánico intermedio entre el elemento desplazable por controlar y el propio captador de posición, de tal manera que el movimiento realizado es directamente medido. Por otra parte, y lógicamente, se dice que un captador es de medida indirecta cuando éste no detecta en forma directa el movimiento realizado por elemento desplazable, sino que dicha medida se realiza sobre otro elemento de la máquina que está en movimiento -por lo general, suele ser el husillo de bolas-. Después, por medio de la ley de correspondencia de movimiento entre el elemento desplazable y el medido se obtiene el valor que se la desplazado el elemento deseado.

- Captadores de posición lineales o rotativos.

Esta clasificación de los captadores de posición está relaciona

da directamente con el tipo de movimiento que exige el principio de funcionamiento del captador. Cuando los captadores son de tipo regla, al exigir su principio de funcionamiento un desplazamiento lineal entre sus partes funcionales, éstos reciben el nombre de "captadores lineales".

Si, por el contrario, el captador es de tipo circular como los discos graduado o codificado, se dice que son captadores de posición rotativos, ya que estos necesitan una rotación para poder captar una medida.

## 1. 5 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS CAPTADORES DE POSICION

### - Campo de medida

Es el desplazamiento máximo que el captador puede medir.

### - Poder de resolución

Es la variación de posición mínima que el captador puede apreciar. En el caso de una medida directa, el poder de resolución del conjunto es propio del captador y no puede ser modificado, salvo si se utiliza un captador rotativo y una cremallera de precisión montada sobre la guía. Si la medida es indirecta, el acoplar una relación de transmisión adecuada permite aumentar el poder de resolución del conjunto, que no está entonces limitado más que por la precisión de la transmisión.

- Precisión

Es la diferencia entre la señal real dada por el captador y la que daría un captador ideal en el mismo caso.

- Precisión de repetición

Por precisión de repetición se entiende como la precisión según la cual se produce un mismo posicionamiento del elemento desplazable.

- Sensibilidad

Es la relación entre la variación de la señal de salida de captador y la variación correspondiente del valor medido (por ejemplo  $mV/mm$ ).

- Ruido

Señal debida a los parásitos. Este debe ser tan pequeño como sea posible. Su influencia no es, por tanto, la misma para los captadores analógicos como para los captadores digitales.

- Sensibilidad en la dirección de desplazamiento.

Es igualmente interesante tener una indicación inmediata del sentido de movimiento del elemento desplazable. Ningún captador posee por si mismo la posibilidad de detectar el sentido de movimiento; es necesario, siempre, realizar esta detección por medios externos.

- Velocidad máxima de detección

Esta velocidad es función del poder de resolución del captador. Un poder de resolución elevado corresponde en general a una velocidad reducida e inversamente.

Por último, se hará notar que la precisión de medida del captador y la de la máquina con control numérico son dos cosas diferentes.

En general, la precisión resultante de la máquina es 2 o 3 veces menor que la del captador, en razón de las transmisiones mecánicas, de efectos térmicos, etc.

#### 1.6 CAPTADORES DE POSICION PRINCIPALMENTE EMPLEADOS

Aunque originalmente el número de captadores de posición que apareció en el mercado fue alto, en la actualidad la variedad de los que son utilizados es muy reducida. Básicamente, el número de captadores de posición diferentes que son empleados ha quedado reducido en dos: el resolver y el inductosyn. Estos son dos captadores analógicos: el primero trabaja frecuentemente como captador indirecto y el segundo, como captador directo.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DEL EQUIPO Y CARACTERISTICAS

#### II.1 CARACTERISTICAS:

El equipo que será objeto de este trabajo es un centro de maquinado vertical modelo MCV-OP marca LEADWELL con sistema de control FANUC. Sus características son las siguientes:

##### Mesa y Cabezal

Medida de la mesa	:	750mm X 400mm (29.5" X 15.7")
Area de trabajo	:	650mm X 350mm (25.6" X 13.7")
Máxima carga	:	250Kgs.
Velocidad del husillo	:	60-6000 RPM
Máximo torque del husillo	:	7.2 Kg-m
Orientación del husillo	:	Eléctrica
Conicidad	:	ISO 40

Husillos a bolas (36 X 10 mm) de precisión manejados por servomotores AC son usados para el avance del mecanismo de la mesa - en los ejes X, Y, y el cabezal eje Z. Lo cual reditua una alta precisión de posición y sustancial reducción de transmisión de error, lo cual es común en transmisión con engranes normales. - Las superficies de movimientos (guías) están templadas hasta 75-80 HS (56-61 HRC), con la finalidad de aumentar la durabilidad- exactitud y estabilidad. Los husillos a bolas son de doble carga (entrada) y son soportados por baleros de contacto FAFNIR -- ABEC-760, para ofrecer una máxima rigidez. Una buena precisión

y un mínimo arrastre. Es importante mencionar que la vibración máxima del husillo principal (cabezal) es de 0.5m a 6000 RPM.

**Movimientos (Rangos):**

Eje X 500 mm (19.7")

Eje Y 350 mm (14.7")

Eje Z 400 mm (15.7")

**Motores:**

Los ejes tiene un motor de 0.9 Kw ( 1.206 hp ) para cada uno.

**Rango de avance:**

Movimiento rápido 15m/min (X, Y)

10m/min (Z)

Avance para cortar 1-10000 mm/min

Avance manual 1-1260 mm/min

Cambio automático de herramientas (ATC) (Automatic Tool Changer)

Número de herramientas : 16

Selección de herramientas : bidireccional

Soportes de las herramientas: MAS BT-40

P40 - 1

Diámetro máximo de la herramienta : 80mm (3.1")

Peso máximo de la herramienta : 7 Kgs.

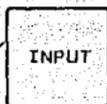
Longitud máxima de la herramienta : 250 mm (9.84")

Tiempo de cambio de herramienta : 5 seg. (herramienta a herramienta).

VARIOS:

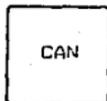
Peso de la máquina	:	3000 Kgs.
Altura de la máquina	:	2100 mm
Bomba de refrigerante	:	1/2 Hp
Capacidad de la bomba	:	20 l/min.
Volumen del tanque de refrigerante:	:	120 lts.
Bomba de lubricante	:	4 Watts.
Panel de control	:	Fanuc series 0-M

II.2 EXPLICACION DE LAS TECLAS MAS IMPORTANTES LOCALIZADAS EN EL PANEL DE CONTROL



Tecla de introducción.

Cuando una tecla de dirección o numérica es presionada, el número o caracter alfanumérico es introducido al presionar esta tecla, y éste aparece en la pantalla.

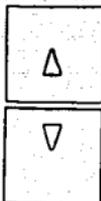


Tecla para cancelar.

Al presionar esta tecla el último caracter o símbolo que se quiere introducir es

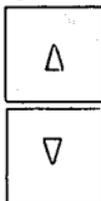
### teclas de salto de cursor

#### CURSOR



### teclas para cambiar de página

#### PAGE



anulado es decir, funciona antes de oprimir la tecla INPUT.

Existen dos formas de saltar el cursor:

La tecla superior es usada para saltar el cursor a determinada distancia hacia atrás.

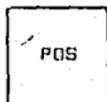
La tecla inferior es usada para saltar el cursor a determinada distancia hacia adelante.

Existen dos formas para cambiar de página:

Esta tecla es usada para cambiar de página hacia atrás.

Esta tecla es usada para cambiar de página hacia adelante.

Teclas de función.



Indica la posición corriente de la máquina.



Funciona de acuerdo a lo siguiente

En modo EDIT. - El programa guardado en memoria en ese momento aparece.

En modo MDI. - Los datos introducidos vía MDI aparecen en operación automática. Los valores de los comandos aparecen.



Aparecen los valores de las compensaciones además de las coordenadas de trabajo, al presionar esta tecla se pueden cancelar o introducir nuevos parámetros en las coordenadas o en las compensaciones.



Los valores de los parámetros aparecen además de los datos del diagnóstico.

OPR  
ALARM

El número de alarma y causa, aparecen en la pantalla.

AUX  
GRAPH

Esta tecla nos muestra los parámetros para las funciones gráficas, -  
mas adelante se hará un estudio más  
detallado.

NOTA: Al presionar cualquiera de las teclas anteriores no aparece toda la información, lo cual hace necesario cambiar de página, esto se hace unicamente presionando las teclas de PAGE.

#### TECLAS PARA EDITAR UN PROGRAMA.

ALTER

Esta tecla se utiliza para cambiar un caracter alfabético o numérico por otro, solo en el modo de edición.

INSERT

Esta tecla se utiliza para insertar un caracter alfabético o numérico en un programa, solo se utiliza en el modo de edición.

DELET

Al presionar esta tecla se puede borrar un caracter alfabético o numérico en un programa, solo se utiliza en el modo de edición.



Esta tecla se presiona una vez y al aparecer el símbolo (\*) se coloca al final de cada --  
(1) bloque , si se presiona una segunda vez -  
aparece el símbolo (/) que se antepone al --  
bloque con la finalidad de anularlo, se acti-  
va la tecla BLOCK DELET y al presionarse tres  
veces aparece el símbolo (#) que es para el  
(2) sistema MACRO.

NOTA: Las teclas ALTER, INSRT, y DELET, activan sobre el caracte-  
r en el cual esté colocado en ese momento el cursor.

(1) Ver apendice 1

(2) Ver apendice 2

Ejemplos de la tecla EOB (End of Block).

G90 G17 G00 G41 H07 x 250.0 y 550.0 \*

Al colocar el símbolo \* se da por terminado el bloque.

/ G81 7-3.00

Si se activa la tecla BLOCK DELET, este bloque no será conside-  
rado por la máquina.



Este botón es usado para iniciar una opera-  
ción automáticamente.

CYCLE  
STOP

Este botón es algunas veces llamado "ALTO" - "TEMPORAL", y es usado para detener el movimiento de una operación automática después de haber activado el botón CYCLE STAR. Mientras este botón está activado una luz indicadora permanece encendida.

NOTA: Cuando se realiza un ciclo grabado y se pretende realizar un alto temporal, bajo la acción de este botón, la máquina se detiene hasta que el ciclo es finalizado.

PRO  
STOP

Cuando se activa este botón, las funciones - M, S, T, no pueden ser ejecutadas, al mismo tiempo se aseguran los ejes y el programa se detiene. El programa puede ser ejecutado nuevamente presionando CYCLE START.

Después de presionar esta tecla, las siguientes funciones pueden realizarse.

AUTO

a).- El programa guardado en la memoria puede ser ejecutado.

b).- Un determinado bloque del programa puede ser ejecutado.

Después de presionar esta tecla las siguientes funciones pueden ser ejecutadas.

EDIT

a).- Registrar un programa en la memoria.

b).- La modificación edición o borrado, pueden ser realizados si es necesario.

MDI

Con esta tecla es posible introducir y realizar determinados datos, como el seguro o liberación de ejes, etc. (MANUAL DATA INPUT).

NOTA: Al presionar cualquiera de las anteriores teclas se enciende una luz roja que indica que está activada.

BLOCK  
DELETE

Cuando un block (/) es programado en la cabeza o al inicio de un block, y cuando este botón es oprimido (se enciende la luz roja), la información de este bloque es ignorada, si el botón se desactiva la información es tomada en cuenta.

Ejemplo:

/G90 X 3.0 Y-Z.0

Estos bloques pertenecen a un programa y son igno-

/G91 X 4.0 Y-3.0

rados si BLOCK DELET está

activado. Es decir el con

/A90

trol no los considera y -

/G80 Z3

simplemente los salta.

#### OPTIONAL STOP.

Cuando la instrucción M01 es colocada al final de un bloque, y cuando este botón es activado, la información de dicho bloque es ignorada, si el botón se desactiva la información del bloque es considerada por la máquina.

OPT  
STOP

Al activar este botón, cualquier función F - (velocidad), colocada en el programa, es ignorada y la herramienta de la máquina se mueve de acuerdo a la velocidad seleccionada en el JOB FEED RATE (velocidad de avance).

DRY  
RUN

Esta función sirve para revisar la ejecución de un programa con las siguientes ventajas:

- Asegurar los ejes, es decir el desplazamiento es anulado.

PRO  
TEST

- Las funciones, como rotación del husillo, cambio de herramienta, encendido y apagado de refrigerante se anulan.

#### AXIS INHIBIT

Cuando se activa esta tecla, el movimiento de la máquina es suprimido; consecuentemente la posición manual o automática, unicamente se registra en la pantalla, pero la máquina no se mueve. Esta función es utilizada para chequear un programa.

AXIS  
INHIBIT

#### Funciones de las teclas MDI.

RESET

Tecla para reestablecer.

Presione esta tecla para reestablecer el CNC

OUTPUT  
STAR

Tecla para iniciar.

Presione esta tecla para iniciar los comandos del MDI, o la operación automática del ciclo.

Teclas de dirección y numéricas.

 7 O	 8 N	 9 G
 4 X	5 W Y	 6 Z
— M	∅ S	T
 I H	 2 F	 3 R
 4 Th B	 K J I	L Q P

Presione estas teclas -  
para introducir caracte-  
res alfanuméricos y otros.



Después de presionar este botón la coloca-  
ción de la máquina en el punto de referencia  
puede ser hecha ya sea en forma manual de al-  
gún eje en especial.

HOME  
START

Esto se hace presionando HOME primero, después se elige el eje (X, Y, Z, 4th) y posteriormente se oprime HOME START, al hacer el último paso, la máquina se empieza a mover hacia el punto de referencia y al llegar se enciende una luz indicadora.

Z-AXIS  
CANCEL

Esta función evita el movimiento del eje Z únicamente, ya que el movimiento en los ejes X - Y prevalece, con lo anterior tenemos la ventaja de evitar un choque contra el husillo en caso de alguna duda, ya que en pantalla aparece la posición del eje Z de acuerdo

al comando que se esté ejecutando automáticamente.

## II.3 EL PAPEL DEL EQUIPO DE CONTROL NUMERICO EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS.

En la conducción de los ejes que desplazan la mesa de trabajo en máquinas con control numérico el equipo desempeña dos papeles principales.

- Asegura el desplazamiento de los ejes de la máquina de manera individual o combinada, y produce las trayectorias de las herramientas programadas.

(4)

- Alimenta el armario eléctrico de instrucciones de control y de funciones auxiliares de la máquina (información tecnológicas).

Desde el punto de vista general, el equipo de control numérico realiza todavía las siguientes funciones:

- Lee el soporte de informaciones (cinta perforada) e interpreta el contenido.
- Permite la modificación eventual de estas informaciones (edición de programa).
- Calcula eventualmente la posición de los ejes y los desplazamientos de la máquina.

- Controla los diferentes modos de la máquina.
- Dirige todas las señales que vienen o van al panel de control de la máquina.

Estas funciones se describen a continuación:

- Leer el soporte de informaciones significa interpretar las perforaciones de la cinta perforada(5) y proceder a determinar sino existe algún comando colocado en posición incorrecta y emitir una alarma por parte del control. Esto es en máquinas con cinta perforada, existen controles en que la información es introducida directamente a la memoria del control y el funcionamiento es exactamente el mismo, ya que si se introduce un comando no permitido inmediatamente se emite una alarma que indica "COMANDO NO PERMITIDO".
- Modificación de información: comprende la facilidad de los controles para insertar, borrar, anular y cancelar determinada instrucción o inclusive un bloque. Esto permite una gran flexibilidad en la introducción de un programa o modificar uno ya existente en la memoria. Así por ejemplo podemos cambiar los números de herramientas, velocidades, avances o algún comando.
- Cálculo de la posición de los ejes.

El control generalmente "lee" los bloques de dos en dos es dg

Una vez colocado en el modo "auto", el control ya leyó los dos primeros bloques del programa y con esto determina las posiciones de los ejes, esto es muy importante cuando estamos manejando compensaciones en los ejes, ya que el control suma o resta el valor de la compensación y coloca los ejes en la posición correspondiente, la función de compensación se verá más adelante.

(4) Armario eléctrico se entiende como la serie de circuitos que conforman la computadora y el control.

(5) Ver apéndice 1.

**Modos de funcionamiento de la máquina-herramienta.**

El equipo de control numérico asegura los diferentes modos de funcionamiento de la máquina-herramienta.

- Automático: Las secuencias de un programa se encadenan automáticamente.
- Semiautomático o bloque por bloque: La máquina realiza un bloque del programa y se detiene, hasta recibir la indicación de que realice el siguiente bloque.

- Entrada manual de datos: (MDI). (Manual Data Input). Las instrucciones se realizan una a una o bien un bloque que se introduzca bajo este modo a través del panel de control.

Estos modos se completan con otras funciones como:

- La búsqueda de una secuencia de programación
- El salto de bloque.
- La parada opcional.
- La parada de urgencia.

#### Panel de Controles.

El panel de controles está previsto de un número importante de botones selectores, y envía una cantidad importante de señales al equipo de control numérico, y viceversa, ciertas informaciones pertinentes en el desarrollo del programa de maquinado se envían por el equipo hacia el panel y son visualizados sobre éste. Las teclas y su funcionamiento fueron explicadas anteriormente.

## II.4 DETERMINACION DE LOS MOVIMIENTOS DE UNA MAQUINA-HERRAMIENTA CON CNC.

Para describir los movimientos que debe realizar la herramienta, es necesario definir un sistema de coordenadas ortogonal de sentido directo con los ejes paralelos a las guías principales de la máquina.

El modo de situar el sistema de coordenadas sobre la máquina es de acuerdo a la norma UNE 71-018. El valor de los desplazamientos de la herramienta se puede indicar de dos maneras, como se indica a continuación:

1.- Mediante el valor de la coordenada del punto que ha de alcanzar la herramienta, en cuyo caso se dice que la programación es absoluta. En este caso el valor del movimiento es en referencia al punto de origen, lo que se conoce como "casa" a manera de sugerencia es recomendable en la medida de lo posible utilizar este método.

2.- Mediante el incremento de valor de las coordenadas entre los puntos final e inicial de la trayectoria, en cuyo caso, la programación es incremental.

Como resumen de esta norma se puede decir que se establece un triedro X, Y, Y Z para los movimientos principales de acuerdo con las ideas que a continuación se exponen:

- Movimiento del eje Z

El movimiento según el eje Z es el que corresponde con la dirección del eje del husillo principal, que es el que proporciona la potencia de corte. Si no existiera husillo el eje Z sería perpendicular a la superficie de sujeción de la pieza.

En el caso de que existieran varios husillos, se elige uno como principal, preferentemente aquel que cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- El eje del husillo permanece constantemente paralelo a uno de los tres ejes.

- El eje del husillo está situado perpendicularmente a la superficie de sujeción de la pieza.

El sentido positivo del eje Z incrementa la distancia entre la pieza y la herramienta.

- Movimiento del eje X

El eje X se elige siempre que sea posible, horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza.

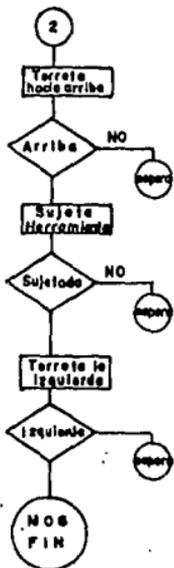
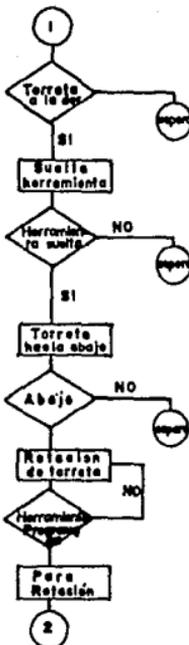
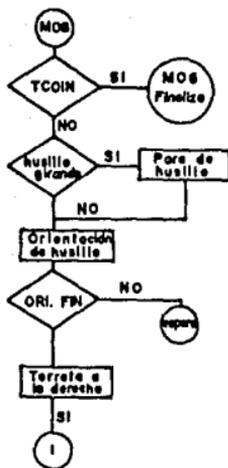
- Movimiento del eje Y

El eje Y se elige de manera que forme con los ejes X Y Z un triedro.

## II.4a CAMBIO AUTOMATICO DE HERRERAMIENTAS (ATC)

El cambio automático de herramientas de una gran versatilidad a este tipo de máquinas, ya no es necesario colocar una por una, sino que en base al plano proveniente de la oficina técnica, se establecen las operaciones de maquinado y también las herramientas necesarias. Una vez determinadas las herramientas se colocan en los portaherramientas correspondientes (broqueros, boquillas, portamachuelos, etc.) los cuales se encuentran adaptados a conos principales ISO40. Los conos principales son los que -- con su respectiva herramienta se colocan en la torreta de herramientas.

La torreta de herramientas se carga con 16 herramientas como máximo, la torreta se desplaza de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, por la acción de 2 accionadores neumáticos. Estos accionadores son controlados por una serie de electroválvulas -



### 11.5 PARAMETROS Y DIAGNOSTICOS.

Los parámetros son valores que se introducen a la máquina por medio del panel de controles. Estos valores la máquina los memoriza y los interpreta de acuerdo a la finalidad de cada uno de ellos ya que estos carecen de unidades. En otras palabras la finalidad ya está establecida internamente en la máquina y solo puede ser alterada (en algunos casos esto es posible, ya que algunos parámetros son introducidos por el fabricante y no se tiene acceso directo a ellos, por ejemplo, la velocidad de posicionamiento, el punto de referencia, la longitud de desplazamiento etc.).

La manera de colocar los parámetros es la siguiente:

- Se activa la tecla MDI (Manual Data Input).
- Se visualizan los parámetros utilizando la tecla DGNOS  
PARAM
- Se habilita el acceso a los parámetros (generalmente se emite una alarma, que indica al operador que la operación que está realizando está restringida), la habilitación se logra poniendo 1 en lugar de 0 en la instrucción PWE=0.
- Determinar y elegir el parámetro a corregir.
- Corregir el parámetro determinado, introduciendo el valor con la tecla INPUT.
- Deshabilitar el acceso a los parámetros (se anula la alarma y la máquina considera el nuevo valor aceptado:

a) Presentación de los parámetros.

Los parámetros se encuentran numerados (0000-9989) para su -  
(6)  
fácil localización y presentan generalmente 8 bits numerados de 0 a 7, estos bits activan una función determinada, ejemplo:

## PARAMETRO

## PRESENTACION

0019

00100000

01234567

En donde los bits indican lo siguiente:

- 0) 1: El diagnóstico es desplegado en forma decimal  
0: El diagnóstico es desplegado en forma binaria
- 1) 1: El cursor se presenta en forma intermitente.  
0: El cursor no es intermitente.
- 2) 1: El programa regresa al inicio al ejecutar M02  
0: El programa no regresa al inicio al ejecutar M02
- 3) No se usa.
- 4) 1: En la pantalla se presentan las coordenadas en forma absoluta.  
0: En la pantalla se presentan las coordenadas en forma relativa.
- 5)
- 6) No se usan
- 7)

Generalmente los fabricantes, facilitan un folleto en donde se encuentran los significados de cada valor para cada parámetro y en manera semejante para el autodiagnóstico. (7)

(6) Ver apéndice 1.

(7) Ver apéndice 1.

## CAPITULO I I I

### III.1 PROGRAMACION DEL CENTRO DE MAQUINADO

El objeto de este capitulo es llegar, por medio de la exposicion de las diferentes funciones que estas maquinas tienen a la divulgacion e informacion en general de los programadores.

Como se sabe, el programador partiendo del plano de la oficina tecnico debe cubrir las etapas necesarias para maquinar la pieza (Calculos geometricos, procesado de maquinado, seleccion de herramientas, etc.), y posteriormente realizar el programa.

En general para la realizacion del programa es necesario conocer o establecer:

- El plano de la pieza y numero de piezas, asi como la lista de herramientas, para con ello establecer el proceso de maquinado.
- Las características de la maquina en lo que se refiere a: Potencias, Velocidades, Dimensiones Admisibles, Precision, etc.
- Las características del Control Numerico: Tipo de centro (Numero de ejes, formato bloque, lista de funciones codificadas, Etc.).

### III.2 EJECUCION DEL PROGRAMA EN CN.

La ejecucion del programa para gobernar el centro de maquinado, Se realiza siguiendo normas fijas que definen las ordenes e informaciones deseadas por el tipo de maquinado que se desee.

Estas informaciones pueden ser comunicadas a la maquina por medio de Cinta Magnetica, forma manual por medio del MÓI, o bien por medio de un programa a realizar.

### III.3 LA INFORMACION DE QUE PUEDE ESTAR COMPUESTO UN PROGRAMA ES:

- TEXTO PREVIO.
- PRINCIPIO DE PROGRAMA
- PROGRAMA DE MAQUINADO
- FIN DE PROGRAMA

El texto previo contiene indicaciones tecnicas de la fabricacion, como numero de programa, numero de piezas, aclaraciones para el operario, etc.

Si el texto previo se extiende a mas de una linea, la segunda y siguientes lineas se escriben entre parentesis.

Para el principio del programa se emplean los simbolos LF O CR segun el codigo que se vaya a utilizar, ISO O EIA respectivamente.

El programa de maquinado contiene las indicaciones para el transcurso del programa, así como las indicaciones geométricas o tecnológicas, para el proceso del mando del maquinado.

El final del programa queda caracterizado con las instrucciones:

#### C O D I G O

	ISO	EIA
FIN DEL PROGRAMA	M02	M02
FIN DEL PROGRAMA CON REGRESO AL PRINCIPIO	M30	M30

#### III.4 CONSTRUCCION DEL BLOQUE DE PROGRAMA

Un bloque de programa consiste en una o varias palabras, las cuales se componen de letras (Direcciones), signos y cifras. La sucesión de las palabras es una a continuación de la otra. Las diferentes palabras de una secuencia es arbitraria. Excepto en algunos casos, como por ejemplo en el cambio automático de herramientas, donde la instrucción T se antepone a la función M.

En el programa de maquinado solo se deben escribir palabras admitidas en el código de programación. Ya que se emite una alarma al utilizar códigos inexistentes u opcionales.

El bloque de información elemental común a todos los centros de maquinado es el siguiente:

- N: Numero de bloque desde el 1.....9999, solo sirve para identificacion y en determinado momento se puede omitir.
- B: Funcion preparatoria, se expresa con dos digitos, por ejemplo, G00 , G01 , ETC.
- X: Coordenadas de desplazamiento de los ejes X, Y, Z .
- Y: respectivamente, expresados de acuerdo al sistema de medida utilizada, es decir en pulgadas o milímetros.
- Z: respectivamente, expresados de acuerdo al sistema de medida utilizada, es decir en pulgadas o milímetros.
- I: Empleadas en interpolacion circular.
- J: Estos valores se pueden omitir y representarlos con R.
- K: Numero de repeticiones de un ciclo grabado
- F: Funcion de avance expresada, en mm/min o pulg/min segun el caso de programacion.
- S: Funcion de velocidad del husillo principal expresado en RPM.
- T: Funcion de seleccion de herramienta con valores de 01 hasta 16.
- M: Funcion auxiliar expresada en 2 digitos.
- \*: Representacion de fin de bloque , para las maquinas de: MCV-OP .

### III.4 BLOQUE OPCIONAL

Los bloques opcionales son bloques a los que se les antecede el simbolo (/), con estos se pueden anular ciertos procesos que no sean requeridos por todas las piezas, para que la maquina los considere nulos es necesario activar el boton "BLOCK DELETE", ya que si no es asi, la maquina los considera y los realiza.

NOTA: Ademas de la informacion elemental en un bloque hay ocasiones en que se pueden adicionar los siguientes terminos o direcciones:

- A Giro del cuarto eje (Opcional), expresado en grados o bien en grados/ min.
- D Compensacion de radio
- H Compensacion en longitud. (En esta maquina cuenta con 64 compensaciones posibles ).
- D Numero de repeticiones de un ciclo o bloque
- R Radio en interpolaciones circulares.
- P,X Tiempo de paro temporal
- P Designacion de un numero de subprograma.
- P Cuenta repetitiva de subprograma.

### III.5 FUNCIONES PREPARATORIAS (PARA SERIES M )

La funcion preparatoria es un numero de dos digitos precedidos por la letra G . Este codigo determina el modo de realizar las trayectorias.

CODIGO G	GRUPO	F U N C I O N
G 0 0		Posicionamiento a velocidad rapida
G 0 1		Interpolacion lineal.
G 0 2	0 1	Interpolacion circular sentido horario (CW).
G 0 3		Interpolacion circular sentido contrahorario (CCW)
G 0 4	0 0	Parada temporal
G 1 0		Colocacion de coordenadas
G 1 7		Seleccion del plano XY
G 1 8	0 2	Seleccion del plano ZX
G 1 9		Seleccion del plano YZ
G 2 0	0 6	Introduccion de datos en pulgadas
G 2 1		Introduccion de datos en milímetros
G 2 7		Verificacion de retorno al punto de Referencia.
G 2 8		Retorno al punto de referencia.
G 2 9	0 0	Retorno al punto de referencia pasando por un punto intermedio.
G 3 0		Retorno al segundo punto de ref.
G 3 1		Funcion de salto
G 4 0		Cancelacion de compensacion del cortador.

G 4 1	0 7	Compensacion izquierda del cortador
G 4 2		Compensacion derecha del cortador.
G 4 3		Compensacion positiva en la longitud de la herramienta.
G 4 4	0 8	Compensacion negativa en la longitud de la herramienta.
G 4 9		Cancelacion de la compensacion de la herramienta.
G 5 4		Selec. del sistema de coordenadas 1
G 5 5		Selec. del sistema de coordenadas 2
G 5 6		Selec. del sistema de coordenadas 3
G 5 7	1 4	Selec. del sistema de coordenadas 4
G 5 8		Selec. del sistema de coordenadas 5
G 5 9		Selec. del sistema de coordenadas 6
G 6 5	0 0	Llamado al macro
G 6 6		Llamado al modal MACRO
G 6 7		Cancelacion de llamado al MACRO
G 7 3		Ciclo de barrenado profundo
G 7 4		Ciclo de machuelado izquierdo
G 7 6		Mandrinado fino
G 8 0		Cancelacion de ciclo grabado
G 8 1	0 9	Ciclo de barrenado
G 8 2		Ciclo de barrenado con pausa
G 8 3		Ciclo de barrenado profundo.
G 8 4		Ciclo de machuelado
G 8 5		Ciclo de mandrinado

G 8 6		Ciclo de mandrinado rapido
G 8 7		Ciclo de mandrinado contrario
G 8 8		Ciclo de mandrinado contrario
G 8 9		Ciclo de mandrinado con pausa.
G 9 0	0 3	Comando absoluto
G 9 1		Comando incremental
G 9 2	0 0	Programacion del punto cero absoluto.
G 9 4	0 5	Avance por minuto
G 9 5		Avance por rotacion
G 9 6		Retorno al punto inicial al cancelar un ciclo.
G 9 9		Retorno al punto H. al cancelar un ciclo.

TABLA III.1 FUNCIONES PREPARATORIAS

NOTA: LAS G marcadas son G iniciales cuando se enciende la maquina, (es decir al momento del encendido ya estan programadas).

- Las G del grupo 00 no son modales. Estas son solo efectivas en el bloque en que son especificadas.
- Si una G no mencionada en la tabla anterior es utilizada una alarma (NO.010) es emitida
- Un numero determinado de G pueden ser especificadas en un mismo bloque, pero cuando mas de una del mismo grupo es especificada la maquina considerara la ultima.

- Las G marcadas son modales, es decir permanecen efectivas hasta que otra del mismo grupo sea especificada.

EJEMPLO:

G01 Y G00 SON G MODALES EN EL GRUPO 01

G01 X

Z

X

G00 Z

G01 Es efectiva hasta este punto

### III.6 FUNCIONES AUXILIARES (COMANDOS M)

CODIGO M                      D E S C R I P C I O N

0 0	Paro del programa
0 1	Parada opcional
0 2	Fin del programa (EIA/ISO)
0 3	Rotacion del husillo en sentido horario(CW)
0 4	Rotacion del husillo en sentido contrahorario (CCW)
0 5	Paro del husillo
0 6	Cambio automatico de herramienta
0 7	Encendido refrigerante A
0 8	Encendido refrigerante B
0 9	Apagado del refrigerante
1 1	Giro automatico de la torreta de herram. (CW)
1 2	Giro automatico de la torreta de herram. (CCW)
1 3	Husillo CW y encendido de refrigerante A
1 4	Husillo CCW y encendido de refrigerante B
1 7	Encendido de refrigerante (Herramienta larga)
1 8	Encendido de refrigerante (Herramienta corta)
1 9	Orientacion del husillo.
*2 1	Torreta de herramientas a la derecha
*2 2	Torreta de herramientas a la izquierda
*2 3	Torreta de herramientas hacia arriba
*2 4	Torreta de herramientas hacia abajo
*2 5	Sujecion de herramienta

*2 6	Soltar la herramienta
3 0	Fin del programa y regreso al inicio
4 0	Aseguramiento del 4o Eje
4 1	Liberamiento del 4o Eje
6 1	Apagado de la funcion espejo en el eje X
6 2	Apagado de la funcion espejo en el eje Y
6 4	Apagado de la funcion espejo en el eje 4
7 1	Encendido de la funcion espejo en el eje X
7 2	Encendido de la funcion espejo en el eje Y
7 4	Encendido de la funcion espejo en el eje 4
9 8	Llamado al subprograma
9 9	Fin del subprograma

TABLA III.2 FUNCIONES M

\*Solo para mantenimiento. Estas instrucciones solo son utilizadas para mantenimiento.

### III.7 FUNCIONES DE INTERPOLACION.

#### POSICIONADO ( G00 )

La mesa se mueve a un cierto punto del sistema de coordenadas de trabajo, a una velocidad rapida de posicionamiento.

FORMATO.

G00 IP

Donde IP es la combinacion de la direccion de los ejes, (DE X, Y, Z, A ).

El posicionamiento es hecho independientemente para cada eje.

Nota: La velocidad rapida de posicionamiento en el G00 es puesto para cada eje independientemente por el constructor de la maquina. Es decir, no todas las maquinas tienen la misma velocidad de posicionamiento. para esta maquina es de acuerdo al valor en los parametros no. 0518, 0519, 0520, y 0521, que corresponden a: X, Y, Z, Y 4 ejes respectivamente.

Por lo anterior es importante senalar que la velocidad de posicionamiento no puede ser especificada por la direccion F.

### III.8 INTERPOLACION LINEAL (G01)

El formato de este comando es:

```
G01 IP      F
```

Este comando actua en el modo de interpolacion lineal, los valores IP definen la distancia de recorrido la cual debe ser introducida en modo absoluto o incremental de acuerdo al estado corriente de G90/G91. El rango de avance es colocado con la direccion F.

Esto se programa como sigue:

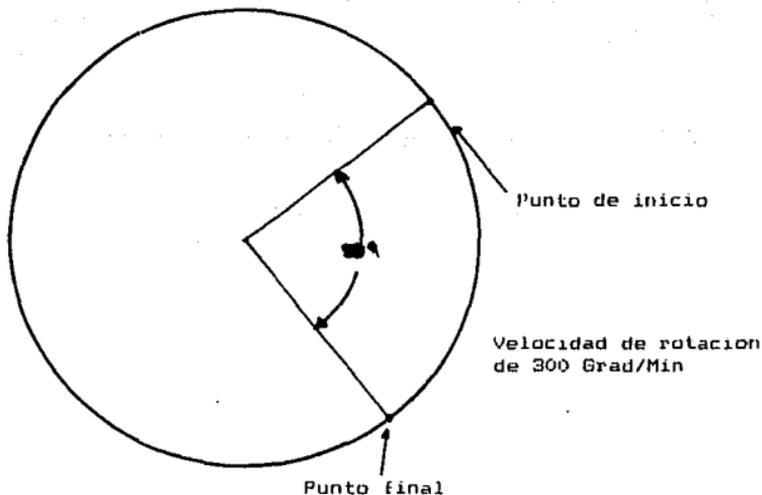
```
G91 G01 X 200.0 Y100.0 F200.0
```

Nota: Los modos absoluto e incremental se veran mas adelante en forma detallada.

Es importante notar que para el 4th eje la velocidad se especifica en grados/min.

Ejemplo:

```
G91 G01 A-90.0 F300
```



### III.9 PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL (G90, G91)

Existen dos formas de establecer el movimiento de los ejes estas son: LA ABSOLUTA E INCREMENTAL.

La programacion absoluta es en la cual se establecen las coordenadas de un punto, a partir del punto de origen de la maquina, es decir todas las distancias corresponden a un solo y unico punto.

La programacion incremental se diferencia de la absoluta, porque en este tipo de programacion podemos considerar cualquier punto como punto "cero" y por lo tanto las posiciones corresponden a uno o varios puntos.

En el primer caso, como las coordenadas son absolutas, no existe riesgo de acumulacion de errores, por lo que este sistema de programacion es mas practico y facil. Aunque hay ocasiones que por inexperiencia del programador el considera mas conveniente la utilizacion de la programacion incremental, porque se facilita la creacion del programa, porque a partir de un punto se pueden calcular los siguientes puntos como se vera mas adelante.

Ejemplo:

Realizar el programa con las coordenadas de los puntos para hacer el taladrado de la placa de la figura III.1 en el orden 0-1-2-3-4-0

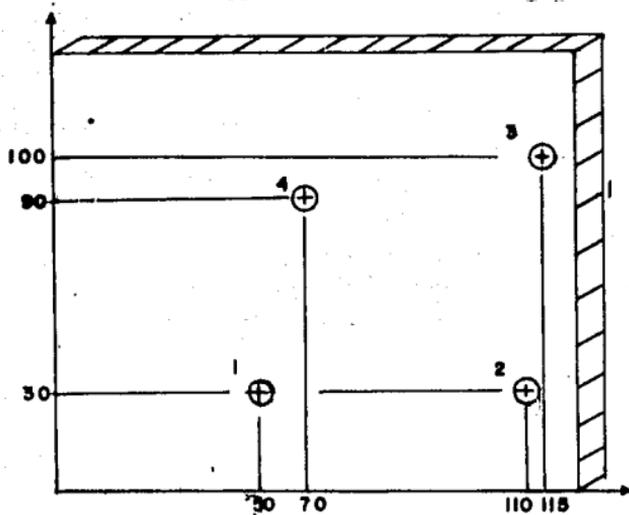


FIG III.1 : EJEMPLO DE PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL

PROGRAMACION ABSOLUTA

X 50.	Y 30
X 110	
X 115	Y 100
X 70	Y 90
X 0	Y 0

PROGRAMACION INCREMENTAL

X 50	Y 30
X 60	
X 5	Y 70
X-45	Y-10
X-70	Y-90

### III.10 ERROR COMETIDO EN PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL:

Si se comete un error en la programación absoluta de tal forma que el programa quede como sigue: ( VER FIG.III.2 )

X 50	Y 30
X 100	
X 115	Y 100
X 70	Y 90
X 0	Y 0

El error cometido sobre la pieza sera:

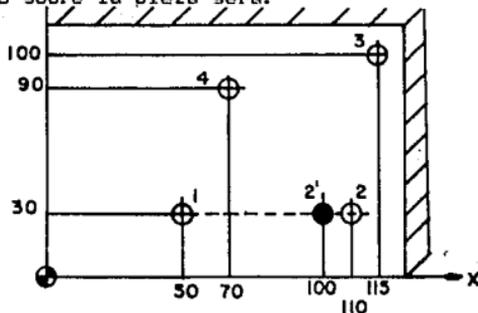


FIG. III. 2 : ERROR COMETIDO EN PROGRAMACION ABSOLUTA

Si se comete el mismo error en el mismo paso del programa pero en Programación incremental, se tendrá: ( VER FIGURA III.3 )

X 50	Y 30
X 50	
X 50	Y 70
X-45	Y-10
X-70	Y-90

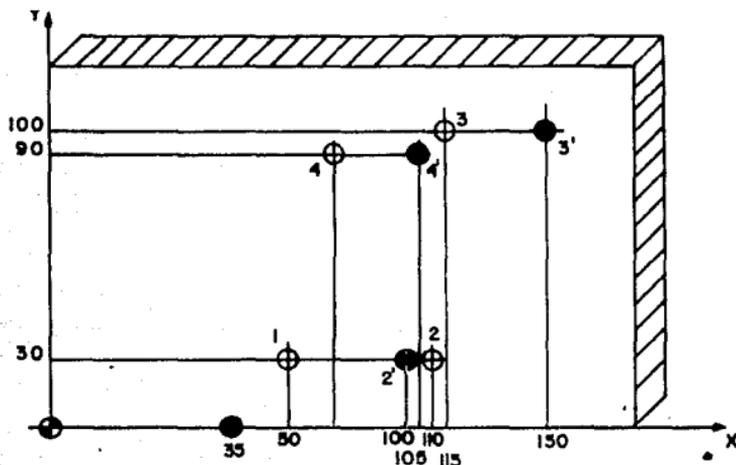


FIG III.3 : ERROR COMETIDO EN PROGRAMACION INCREMENTAL

A manera de condicion, se utilizara la programacion absoluta siempre que sea posible.

### III.11 INTERPOLACION CIRCULAR, INSTRUCCIONES G02-G03

La interpolacion circular da al programador la posibilidad de deslizar la herramienta en arcos circulares. El camino de la fresa, a lo largo del arco es generado por el equipo de control. El maximo angulo a programar en un bloque es de 360°, aunque existen controles en los que este es de 180° o de 90°.

Los datos necesarios para que el control genere un arco son: El sentido de la interpolacion, el punto inicial, el punto final y el centro del arco.

En el bloque de programacion que debe elaborar el programador hay que indicar la direccion de la interpolacion, junto con las

coordenadas del punto final, y la posición del centro del arco con relación al punto inicial. Por su parte, la coordenadas del punto inicial son deducidas por el control como resultado del último desplazamiento realizado previo a la interpolación.

Para seleccionar la dirección de la interpolación circular se emplean los códigos G02 y G03.

- G02 INTERPOLACION CIRCULAR EN SENTIDO HORARIO (CW) .
- G03 INTERPOLACION CIRCULAR EN SENTIDO CONTRA HORARIO (CCW)

La interpolación circular se puede realizar en cualquiera de los tres planos XY, XZ, YZ. ( VER FIGURA III.4 )

Para seleccionar el plano de interpolación se emplean los códigos:

- G17 Interpolación circular en el plano XY
- G18 Interpolación circular en el plano ZX
- G19 Interpolación circular en el plano YZ

En una interpolación circular el control sincroniza los ejes en los cuales se va a realizar el maquinado para que sus movimientos sean uniformes y exactos, es decir desplaza los ejes a diferentes velocidades de tal manera que finalicen los dos ejes al mismo tiempo.

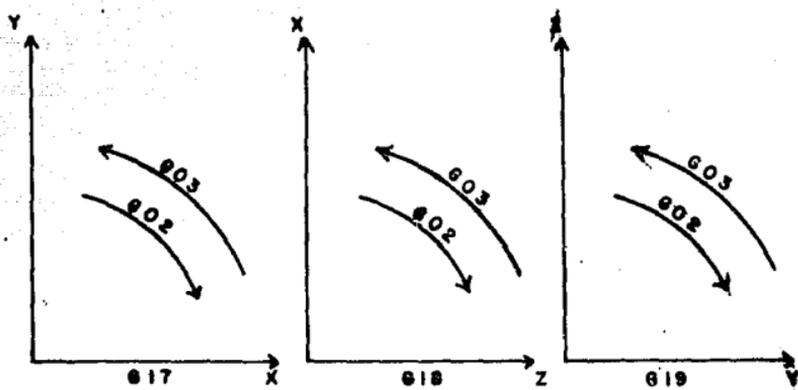


FIG III.4 : INTERPOLACION CIRCULAR

Quando no se especifica el plano de interpolacion, el control toma el XY como dicho plano.

### III.12 PROGRAMACION ABSOLUTA EN INTERPOLACION CIRCULAR.

El punto final del arco se especifica mediante X, Y, Z y se expresa en valores absolutos desde el origen de coordenadas.

El centro del arco se expresa con las direcciones I, J, K para los ejes X, Y, Z respectivamente. El numero que acompaña a I, J, K es un vector mirando desde el punto inicial al centro del arco y especificando en valores incrementales (Ver Figura III.5)

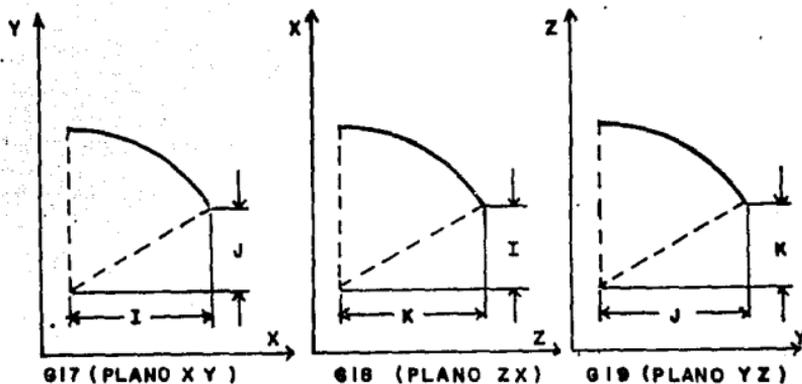


FIG III.5 : INTERPOLACION CIRCULAR ABSOLUTA

### III.13 PROGRAMACION INCREMENTAL EN INTERPOLACION CIRCULAR:

El punto final del arco se especifica mediante las direcciones X, Y, Z, y se expresa en valores incrementales desde el punto inicial del arco. El centro del arco se especifica de la misma manera que en la programación absoluta (Ver figura III.6)

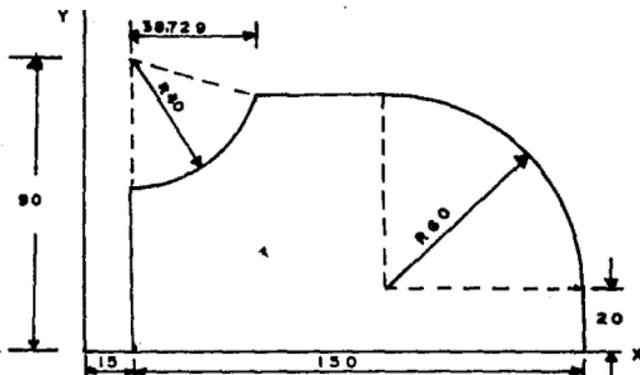


FIG III.6 : INTERPOLACION CIRCULAR INCREMENTAL

PROGRAMACION ABSOLUTA:

G90	G00	X150	Y20	
G03	X90	Y80	I-60	J0
G02	X15	Y50	I-38.729	J10
G01	X53.729			

PROGRAMACION INCREMENTAL PARTIENDO DEL ORIGEN DE COORDENADAS:

G91	G00	X150	Y20	
G03	X-60	Y60	I-60	J0
G01	X-36.271			
G02	X-38.729	Y-30	I-38.729	J 10

III.14 INTERPOLACION CIRCULAR CON INDICACION DEL RADIO

Ademas del metodo expuesto, existe en este sistema el metodo de programacion e interpolacion circular con indicacion directa del radio ; es decir, sin programar los vectores I, J, K. Este metodo facilita enormemente la labor de programacion en aquellos casos en que el arco de circunferencia comienza en un punto cualquiera del cuadrante.

Al igual que los vectores I, J, K, El valor de R se programa con su signo, correspondiendo el signo positivo a arcos menores de 180 Y negativo cuando rebasan los 180 . En caso de programacion de R junto I, J, K, En una misma secuencia, los parametros de interpolacion I, J, K, Son ignorados y solo se tiene significado el valor de R. (VER FIG. III.7)

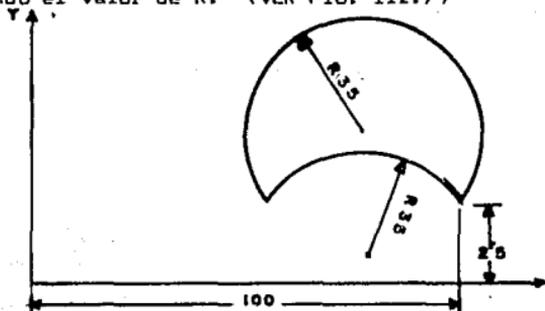


FIG III.7 : INTERPOLACION CIRCULAR CON INDICACION DE RADIO.

ARCO (1)

G02 X100. Y25. R35.

ARCO (2)

G02 X100 Y25 R-35.

EJEMPLO DE PROGRAMACION:

Se trata de realizar el programa de la pieza representada en el orden 1-2-3-4-5-6-7-8, sin considerar la penetracion de la herramienta en la pieza, es decir, no existen desplazamientos en la direccion Z. (FIG. III.8)

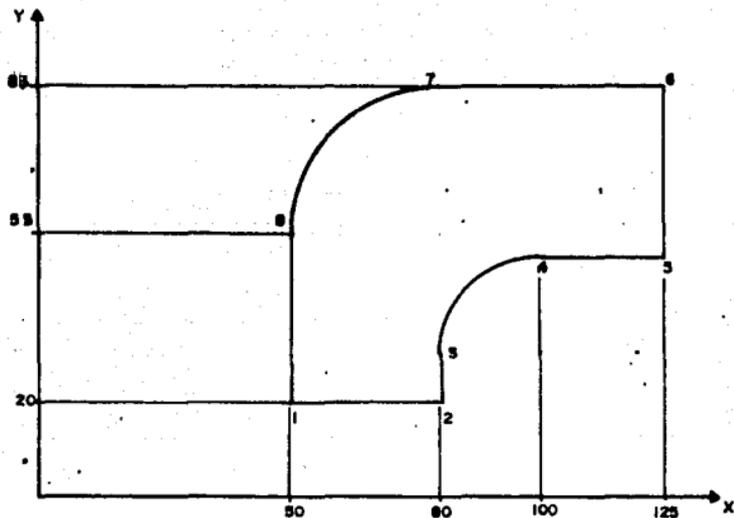


FIG III.8 : EJEMPLO DE PROGRAMACION

N10	G90	G00	X50.	Y20.	
N11	G01	X80.	F350		
N12	Y30.				
N13	G02	X100.	Y50.	120.	F200
N14	G01	X125.	F350		
N15	Y85.				
N16	X80.				

N17	G03	X50.	Y55.	J-30.	F300
N18	G01	Y20.	F350		
N19	G00	X0	Y0		

#### COMENTARIOS :

Los bloques 1 al 10 se reservan para la programación de las herramientas y velocidades que serán analizadas más adelante.

**BLOQUE N10** Se indica la programación absoluta (G90), selección del plano para la interpolación (G17) (Ejes X,Y) y de posicionamiento rápido con la instrucción G00, con esto el posicionamiento del punto 1 es ejecutado.

**BLOQUE N11** Representa el paso del punto 1 al 2 en interpolación lineal (G01), con el avance de trabajo programado bajo el comando F en este caso en mm/min, por estar trabajando en el sistema métrico.

**BLOQUE N12** Desplazamiento de la herramienta al punto 3. Es importante hacer notar que el modo de trabajo es aún G01, ya que al no estar programado ningún otro, permanece este activo. De la misma manera se conserva el comando F anterior ya que no se indica ningún otro en este bloque.

BLOQUE N13 Se asegura una interpolacion circular (G02) En sentido horario para que la herramienta llegue al punto 4, esto a una velocidad de avance de 300 mm/min.

BLOQUES N14

N15 Recorrido de la herramienta a los puntos 5,6,7 respectivamente, el valor de avance se indica en el bloque N14 con F350.

BLOQUES N16

N17 Representa el paso del punto 7 al 8 en interpolacion circular sentido contrahorario indicado con G03. El avance para este operacion es 300 mm/Min.

BLOQUE N18 La herramienta realiza la ultima operacion hasta el punto 1, en este bloque el avance es de 350 mm/min, ya que si no se indica se efectuara a 300 mm.

BLOQUE N19 Retirada de la herramienta al supuesto punto de partida, que es el origen de coordenadas, con la maxima velocidad de la maquina indicada bajo la direccion G00.

### III.15 FUNCIONES DE AVANCE

#### AVANCE POR MINUTO (G94)

Con el modo de avance por minuto, el avance de la herramienta es directamente comandado por un valor numerico despues de la letra F (Ver Figura III.9(a)).

#### AVANCE POR REVOLUCION. (G95)

Este comando especifica el avance de la herramienta por revolucion del husillo. el comando G95 es modal. es decir permanece efectivo hasta que G94 es especificado (Ver FIG. III.9(b))

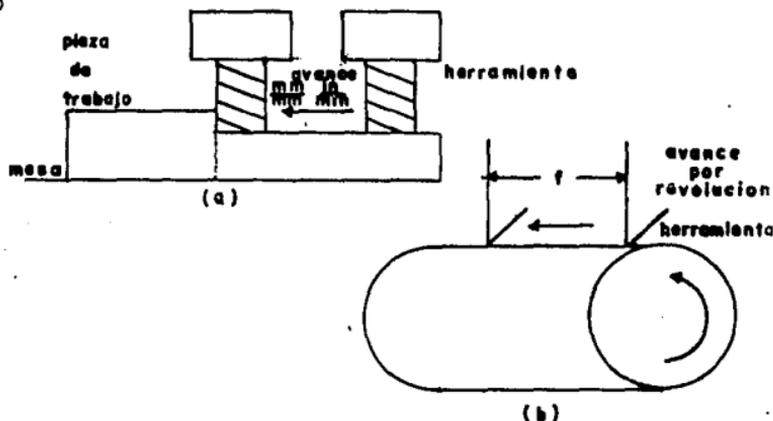


FIG III.9 : FUNCIONES DE AVANCE

El sobrecontrol puede ser aplicado con estos 2 comandos, el sobrecontrol controla la velocidad en los porcentajes siguientes: F0, 25, 50, 100, 150% .

### III.16 INSTRUCCION G04 (PARADA TEMPORAL).

Cuando se programa este comando en algun bloque se provoca una interrupcion del programa durante un tiempo predeterminado y con prosecucion automatica del programa una vez transcurrido dicho tiempo.

#### FORMATO.

G94	G04	P...
G94	G04	X...

El tiempo de paro es comandado en segundos.

0.001 - 9999.999 SEC.

### III.17 PUNTO DE REFERENCIA

El punto de referencia es una posicion fijada sobre la maquina, a la cual puede ser movida la mesa por la funcion retorno al punto de referencia (G28, G29).

-- RETORNO AUTOMATICO AL PUNTO DE REFERENCIA (G28).

EL FORMATO PARA ESTE COMANDO ES:

G28 IP .....

Este comando especifica el retorno automatico al punto de referencia de un eje especificado.

IP Es una coordenada intermedia y esta se comanda en valores absolutos o incrementales, el punto especificado es guardado en la memoria.

Cuando no se especifica ninguna coordenada intermedia la maquina se mueve a velocidad rapida al punto de referencia. Esto tambien lo hace en el caso de un punto intermedio. En general este comando es usado para el cambio automatico de herramienta (ATC). Por lo tanto, por seguridad, la compensacion en radio del cortador o herramienta asi como la compensacion en longitud deben ser canceladas antes de ejecutar este comando en caso de que no se anulen estos valores, la maquina emite una alarma y el cambio de herramienta es imposible de realizar.

En el caso de que se quiera el retorno de la maquina al punto de referencia se comanda lo siguiente:

G28 Z0 X0 Y0

En el caso de punto intermedio se indica como sigue:

G28 X40. Punto Intermedio (40.0)

G28 Z60. Punto Intermedio (40.0, 60.0)

Es muy importante que el eje Z sea el primero en retornar al punto de referencia, esto con la finalidad de evitar una posible coalicion de la herramienta y la pieza de trabajo.

-- RETORNO AUTOMATICO DESDE EL PUNTO DE REFERENCIA (G29).

El formato para este comando es:

G29 IP

Este comando posiciona la herramienta a la posición comandada pasando por un punto intermedio.

En general, este es comandado inmediatamente después de G28.

Cuando se indica en programación incremental, el valor indica el trayecto aun por recorrer desde la posición intermedia. (Ver figura III.10)

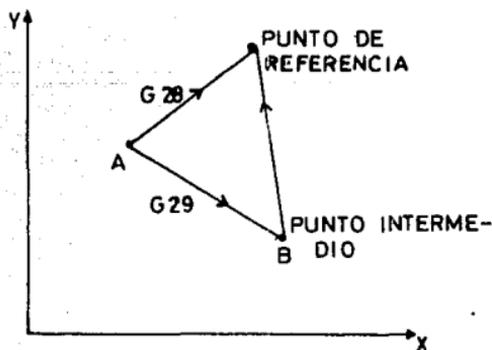


FIG III.10 : EJEMPLO DE G28 Y G29

### III.18 SISTEMA DE COORDENADAS

Los siguientes tres tipos de sistemas de coordenadas son disponibles.

- 1).- Sistema de coordenadas de la maquina
- 2).- Sistemas de coordenadas de trabajo.
- 3).- Sistema local de coordenadas.

La posición que alcanzara la herramienta es comandada con alguno de los sistemas requeridos, el valor de la coordenada consiste en los valores que se le den a cada uno de los ejes.

X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Z \_\_\_\_\_

#### -- SISTEMA DE COORDENADAS DE LA MAQUINA

El punto cero de la maquina es un punto que se encuentra en la maquina y este es generalmente colocado en la maquina por el fabricante.

El sistema de coordenadas de la maquina es cuando se hacen coincidir el punto cero del sistema de coordenadas con el punto cero de la maquina, es decir el origen de este punto.(FIG III.11) Normalmente el punto de origen de este sistema coincide con el punto de referencia, aunque para ello es necesario ajustar el parametro 1240, para este parametro solo tiene acceso el

fabricante, ya que como se menciona anteriormente, normalmente es el quien se encarga de darle esta posicion.

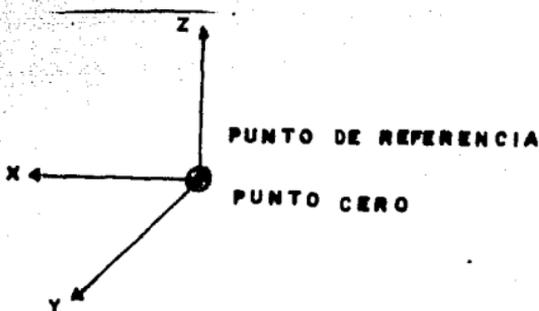


FIG III.11 : SISTEMAS DE COORDENADAS

- SELECCION DEL SISTEMA DE COORDENADAS DE MAQUINA (G53),

El formato de este comando es:

G90 G53 IP.....

Cuando este comando es especificado, la herramienta se mueve al valor de las coordenadas IP en el sistema de coordenadas de maquina a velocidad rapida.

Como G53 es una G no modal esta solo es efectiva en el bloque, en el que se programa, y solo es efectiva en modo absoluto (G90), ya que se indica en modo incremental (G91) es ignorada.

Es importante aclarar que debido a que normalmente el punto de referencia coincide con el origen de coordenadas en este sistema, los valores en la coordenada G53 son:

X 0.0000

Y 0.0000

Z 0.0000

A 0.0000

-- PROGRAMACION DEL SISTEMA DE COORDENADAS DE TRABAJO (G54 - G59 y G92).

En el caso 1, seis sistemas de coordenadas son preestablecidas desde el tablero de control e introducir a la memoria y alguno de ellos puede ser comandado unicamente seleccionando de G54 a G59

En el caso 2, un sistema de coordenadas usadas para trabajo es establecido especificando los valores de las coordenadas despues de G92. (Ver Figura III.12)

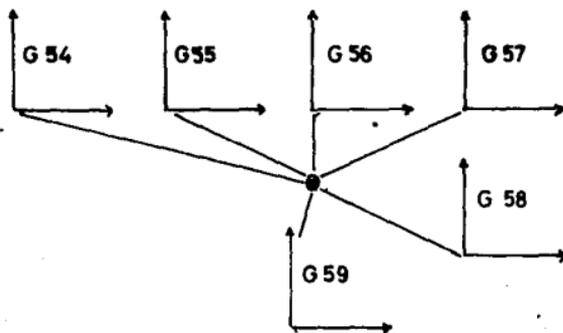


FIG III.12 : COORDENADAS DE TRABAJO

COLOCACION DE COORDENADAS DE TRABAJO POR MEDIO DE LOS COMANDOS  
G54 - G59.

En estos sistemas se coloca la distancia de cada eje desde el punto cero de la maquina, al punto cero del sistema de coordenadas. Cuando se requiere utilizar alguna de las coordenadas unicamente se comanda como sigue:

G00 G54 X0 Y0

En este caso de la herramienta se mueve hasta la posicion que se encuentra indicada en la coordenada de trabajo O1 que es la que corresponde a G54, que puede ser por ejemplo:

X 10.0000  
Y - 3.5260  
Z - 4.2600  
A - 0.0000

Y al llegar a estas coordenadas, la maquina considera como punto cero del sistema de coordenadas de trabajo, es por eso que se indica en el comando G00 G54 X0 Y0, Y a que si se especifica algun otro valor de X o de Y la maquina se mueve hasta dicho valor, pero a partir del punto cero del sistema..  
(FIG. III.13)

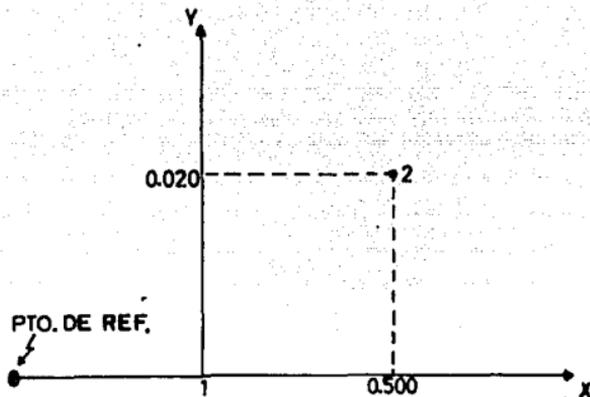


FIG III.13 : EJEMPLO DE COORDENADAS

Para el punto 1 se programa: G00 G54 X0 Y0

Para el punto 2 se programa: G00 G54 X0.500 Y0.020

En este sistema de coordenadas nos da una gran versatilidad ya que en el maquinado de piezas con caras perpendiculares es posible maquinairla unicamente conociendo las posiciones de una de ellas, por ejemplo si se quiere realizar un barreno a 4 caras de un cubo, unicamente se gira la pieza y el centro sera el mismo en todas como se indica a continuacion.. ( FIG. III.14)

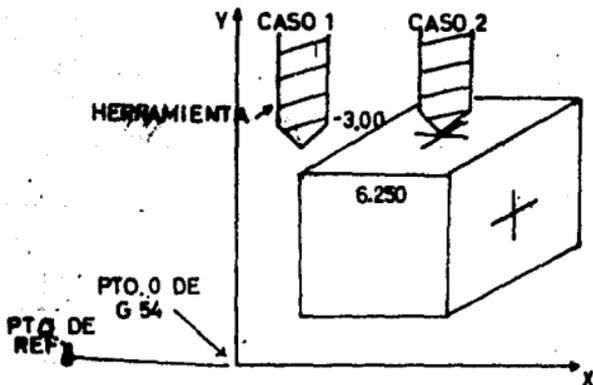


FIG III.14 : EJEMPLO DE BARRENADO USANDO LAS COORDENADAS G54

PROGRAMA PARA EL PRIMER BARRENADO:

```

N1 G91 G28 Z0 *
N2 G28 X0 Y0 *
N3 G90 T04 M06 *
N4 S 600 M13 *
N5 G00 G54 X6.2500 Y-3.000* (G00 G54 X0 Y0)

```

COMENTARIOS:

- N1 Retorno del eje Z al punto de referencia.
- N2 Retorno del eje X y Y al punto de referencia.
- N3 Selección de la herramienta.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- N4 Selección de las revoluciones por minuto del husillo, así como el encendido de refrigerante automáticamente.
- N5 En este bloque se muestran dos posibles formas de enviar la herramienta a la posición deseada.

La primera es en el caso de que se realice una operación previa y se tome como referencia alguna vista del cubo y posteriormente se quiera realizar un barrenado.

En la segunda los valores indicados en la coordenada A 654 corresponden al centro del barrenado.

Es importante hacer notar que en este caso el programa es desarrollado únicamente hasta darle posición a la pieza de trabajo ya que el barrenado no se indica en el programa, ni profundidad del eje Z.

Otro aspecto muy importante y que hay que enfatizar es el de mandar primero el eje Z al punto de referencia, ya que como menciono, esto es con el fin de evitar colisión de la herramienta con la pieza, al momento de que los ejes X y Y vuelven al punto de referencia.

### III.19 CAMBIO DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE TRABAJO.

En ocasiones las coordenadas de un programa son casi idénticas a las de algún otro, entonces con la finalidad de evitar colocar

nuevamente los valores de las mismas, es conveniente utilizar el comando G10 que tiene el siguiente formato:

G10 PP IP

DONDE:

P = Valor de correccion del punto cero de trabajo.

P = 1 A 6: Corresponde al valor del numero de la coordenada elegida.

IP = Correccion del punto cero de cada eje.

COLOCACION DE COORDENADAS DE TRABAJO POR MEDIO DE LA INSTRUCCION G92 (PUESTA A PUNTO DE LA MAQUINA).

Previamente a la etapa de la programacion el programador se debe plantear como hacer al utillaje donde se fije la pieza, cuales van a ser y donde estaran los elementos que pertenezcan al utillaje, tales como bridas, topes, etc. Y no obstaculicen la trayectoria de la herramienta, asi como donde situara el origen de la programacion de dichas piezas.

En la figura siguiente ( III.15 ) se muestran los puntos importantes de un Centro de Maquinado:

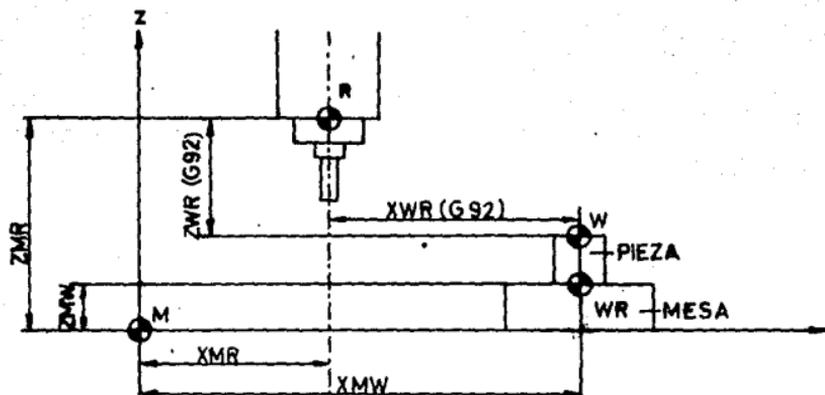


FIG III.15 PUNTOS IMPORTANTES DE UN CENTRO DE MAQUINADO

En donde:

M: Punto de origen de maquina (Punto de referencia)

R: Plano de referencia de maquina

W: Punto de origen de la pieza.

WR,W: Punto de referencia de la pieza.

XMR,ZMR: Distancia entre puntos de origen y referencia de maquina

XMW,ZMW: Distancia entre puntos de origen de maquina y pieza.

situar el origen de la pieza en el lugar mas ventajoso (W) . posteriormente la sincronizacion entre la maquina y el punto de origen de pieza se hace en el momento de maquinar la pieza en la etapa denominada "Puesta a punto de la maquina".

El metodo utilizado para hacer esta puesta a punto se basa en posicionar la maquina en un punto de su curso, indicando a continuacion, por medio del comando G92 " PUESTA DE LA MEMORIAS AL VALOR REAL", la distancia que separa el origen de programacion de la pieza con el punto de referencia maquina. Las longitudes de herramientas son consideradas por medio de compensaciones.

Lo anterior se muestra en el ejemplo siguiente: FIG.III.16

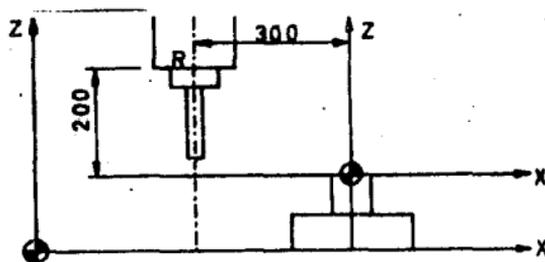


FIG III.16 : EJEMPLO DE UTILIZACION DE G92

Esta puesta de las memorias al valor real con G92 indica la posicion real momentanea, la cual si no se ha borrado una correccion de herramienta, esta se desplaza en el valor de la correccion. para ello es necesario siempre borrar las correcciones de herramienta antes de usar G92.

### III.20 FUNCIONES DE COMPENSACION

#### - TIPOS DE COMPENSACIONES:

En el control numerico computarizado existen dos tipos de compensacion y son:

A) COMPENSACION EN LONGITUD

B) COMPENSACION EN RADIO

Las compensaciones en longitud, son aquellas que se programan considerando las diferencias en longitud de las herramientas de acuerdo a alguna que es elegida como base.

Las compensaciones en radio corresponden a las diferencias de los radios de las herramientas utilizadas en el maquinado.

Estos valores son introducidos a la maquina por medio del panel de control y deben colocarse antes de iniciar el programa en forma automatica.

#### - DETERMINACION DEL VALOR DE COMPENSACION

Generalmente al iniciar un programa se elige una primera herramienta, que es la herramienta de base, es decir el valor en

longitud de esta herramienta es considerada como patron para las siguientes, existen varias formas de calcular el valor de compensacion. Uno de ellos es midiendo con un calibrador tipo pie de rey, los valores desde un punto en comun, y encontrar las diferencias.

El otro que es generalmente el utilizado consiste en encontrar en forma manual y con la herramienta colocada en el husillo, las coordenadas que corresponden a una cara de la pieza, y posteriormente se coloca la segunda herramienta y se encuentra la distancia del eje Z y tambien se encuentra la diferencia.

EJEMPLO:

SI EL VALOR DE LAS COORDENADAS PARA G54 FUERON:

X	6.0000
Y	3.0000
Z	5.0000

Para la herramienta patron, y posteriormente se coloca la segunda herramienta y su valor es: Z -6.0000, La diferencia es - 1.0000, Es decir la segunda herramienta es mas corta en longitud que la primera y este valor se coloca en una direccion

H, Por ejemplo 004 = -1.0000

Entonces al hacer el programa se indicara:

G43 H04 Z0.0000

DIRECCIONES DE LA COMPENSACION

G43 COMPENSACION EN SENTIDO +

G44 COMPENSACION EN SENTIDO -

- CANCELACION DE LA COMPENSACION

Para cancelar la compensacion es necesario indicar el comando G49 o bien comandar el valor de G00 con los comandos G43 o G44.

NOTA: El valor G00 que corresponde a G00, Generalmente debe ser 0.

EJEMPLO DE LA COMPENSACION:

H01 = 4.0 (VALOR DE LA COMPENSACION)

N1	G91	G00	X 120.0	Y80.0 *	
N2		G43		Z-32.0 *	H01 *
N3		G01		Z-21.0	F60.0 *
N4		G04			P100 *
N5		G00		Z-21.0 *	
N6			X 30.0	Y-50.0 *	

N7	G01	Z-41.0 *	
N8	G00	Z-41.0 *	
N9		X 50.0	Y 30.0 *
N10	G01	Z-25.0 *	
N11	G04		P100 *
N12	G00	Y- 57.0 *	H00 *
N13		X 200.0	
N14		M 02 *	

El programa anterior se ha esquematizado en la figura III.17

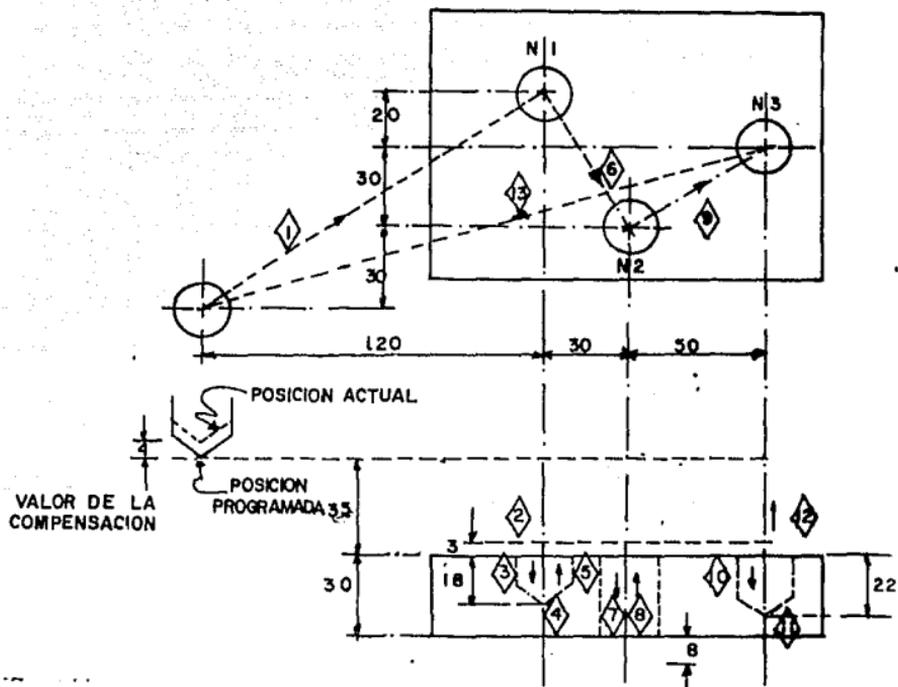


FIG III.17: EJEMPLO DE COMPENSACIONES

## EXPLICACION DE LA FIGURA III.17

En la FIG III.17 se presenta la vista de planta y frontal de la pieza a maquinar, además los números dentro de la figura representan los movimientos de la máquina de acuerdo al número de bloque. A continuación se explican cada uno de los bloques.

- N1 Corresponde a un desplazamiento incremental a X120.0, y Y80, con lo cual la pieza queda en la posición #1 .
- N2 La computadora lee el valor de la compensación número 1 (-4.0), y se coloca en la posición Z-32.0 (En realidad el desplazamiento es de -36mm), esta posición corresponde a la posición actual y no a la programada.
- N3 El control realiza un desplazamiento lineal en sentido -Z hasta el punto Z-21 (Incremental, es decir a partir de Z-32, se baja 21mm más), a una velocidad de avance de 60 mm/min.
- N4 La herramienta permanece en la posición alcanzada en el bloque anterior en un tiempo de 100 seg.
- N5 Se programa un posicionamiento rápido hacia arriba (sale la herramienta), hasta la cota Z-21.
- N6 Se realiza un desplazamiento incremental en los valores correspondientes a X30, y Y-50 .
- N7 La máquina efectúa un desplazamiento hasta la cota Z-41 a una velocidad de 60 mm/min.

- N8 Se realiza un movimiento hacia arriba en el mismo valor que el bloque anterior, es decir Z40.
- N9 El control se posiciona en Z50. Y 30. El posicionamiento es rápido.
- N10 Se efectúa una penetración hasta Z-25.
- N11 La máquina permanece en Z-25 por un tiempo de 100 seg.
- N12 Se realiza la colocación del eje Z en la posición inicial y se cancela la compensación.
- N13 La máquina se desplaza al punto original.
- N14 Se detiene el husillo.

#### - COMPENSACION DEL RADIO DE LA HERRAMIENTA

Instrucciones G40, G41, G42

Hasta ahora hemos considerado la herramienta como un elemento puntual, la cual ira recorriendo la pieza, haciendo coincidir su eje sobre las líneas por maquinarse.

En realidad, esto no sucede así. La herramienta gira en torno a un eje (eje del husillo), y su superficie de corte describe círculos con un determinado radio de giro en torno a este eje. Por tanto, el eje de la herramienta está separado de la superficie por maquinarse una distancia igual al radio de giro que es el radio de la herramienta.

Esto se puede programar haciendo que, manualmente el centro de la herramienta vaya haciendo su recorrido a una distancia igual a su radio, pero esta forma de programación se evita aplicando las funciones (G40, G41, y G42), que hacen automáticamente la compensación de la herramienta.

Para programar el contorno real de una pieza hay que introducir manualmente las funciones D\* (guía MDI) de cada herramienta que vayan a maquinar el contornando, estas funciones D contienen el radio de la herramienta expresado en milímetros o pulgadas.

Por ejemplo, si tenemos una herramienta T01 que es una fresa de diámetro 55mm, la función D será: D01=27.5000 y en lo sucesivo, cuando maquinemos con esta herramienta, el eje de ella estará desplazado de la trayectoria programada 27.500 mm (Ver figura III.18)

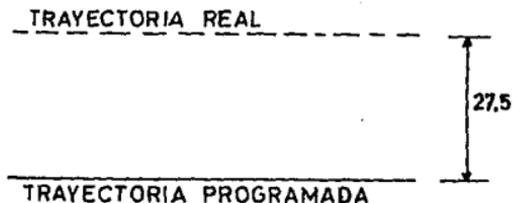


FIG III.18 : EJEMPLO DE COMPENSACION DE RADIO

\* Se puede utilizar la letra D o la H para este compensación, esto es de acuerdo al parametro numero 36.

En la fig III.19 se puede ver el perfil de la pieza programada y la trayectoria que en realidad ha recorrido el centro de la herramienta.

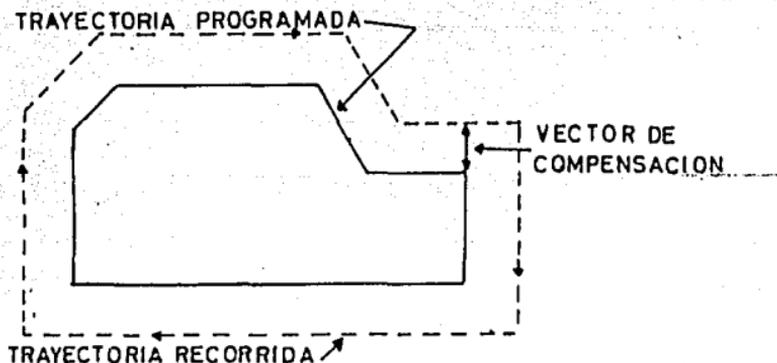


FIG III.19 : TRAYECTORIAS CON COMPENSACION DE RADIO

Esta nueva trayectoria es calculada por el equipo de control al ser la distancia entre ambas trayectorias (programada y real) igual al radio de la herramienta definido con la dirección  $D$ , y que en la figura está indicado como "Vector de compensación".

#### - SELECCION DEL PLANO DE TRABAJO

Cuando vamos a emplear las instrucciones de corrección del radio de la herramienta es necesario indicar el plano de

interpolacion en el cual nos movamos, de la misma manera que en las interpolaciones circulares empleando:

G17 Para el plano XY

G18 Para el plano ZX

G19 Para el plano YZ

No es necesario programar la funcion G17, ya que, cuando se programa una instruccion G41 o G42, la maquina entiende (Si no esta especificado), que se trata del plano XY, cuando se cambia de plano, la compensacion se anula. Si se vuelve hacer seleccionar el plano anterior, la compensacion vuelve a ser efectiva.

- SELECCION DE G41 o G42 .

Para determinar el codigo G41 o G42 elegiremos dos puntos consecutivos del contorneado P1 y P2 . P1 es el primer punto que alcanza la herramienta y P2 el segundo. Ahora mirando desde P1 hacia P2, si la herramienta queda a la izquierda de la pieza se llama compensacion a izquierdas y se emplea el codigo G41.

Por el contrario, si la herramienta queda a la derecha de la pieza se llama compensacion a derechas usando el codigo G42.

En la fig. III.20 estan representados los ejemplos correspondiente a las instrucciones G41 y G42 , considerando ademas maquinado exterior e interior.

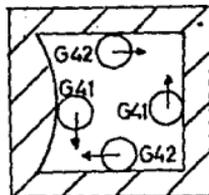
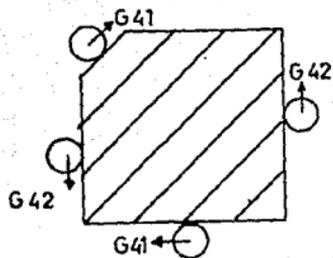


FIG III.20 : UTILIZACION DE G41 Y G42

Al seleccionar la compensacion del radio de la fresa de leen dos bloques ( el de seleccion y el siguiente), para hacer el calculo del punto de corte. Durante la realizacion del primer bloque, se lee ya el siguiente, es decir el control necesita leer los siguientes bloques para definir la trayectoria a realizar.

En la siguiente figura III.21 se muestra el modo en que se desarrolla el primero desplazamiento, considerando la siguiente trayectoria a realizar y el angulo que forma con esta.

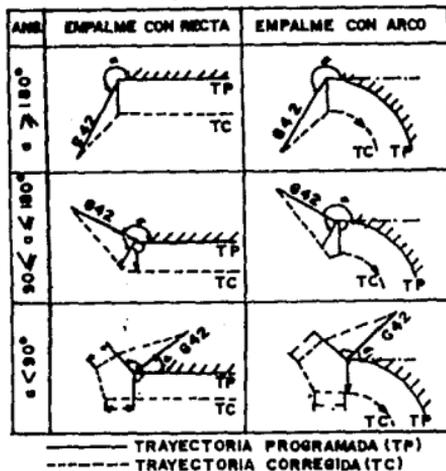


FIG III.21 : MOVIMIENTOS REALIZADOS CUANDO SE ACTIVA LA COMPENSACION DEL RADIO DE LA HERRAMIENTA

Como se menciona anteriormente, Trabajando con compensacion del radio de herramienta y durante el maquinado de la secuencia en curso son leidas previamente las dos secuencias siguientes y calculados los valores de desplazamiento para ellas.

A continuacion se ha representado el modo en que se realiza la transicion de una secuencia a la siguiente. Considerando que ya se encuentra activada la compensacion.

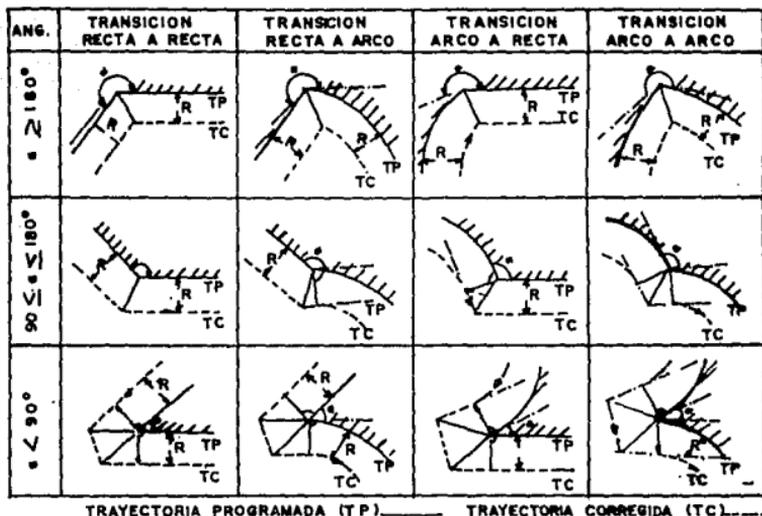


FIG III.22: CAMBIO DE UNA SECUENCIA A OTRA CON COMPENSACION DE R

Quando se termina la operacion del maquinado para la cual se habian programado la compensacion y antes de programar el cambio de la siguiente herramienta, es necesario anular la condicion de compensacion por medio de la funcion G40, las trayectorias resultantes de la combinacion del siguiente desplazamiento y la anulacion G40 estan representadas en la siguientes fig. III.23.

La seleccion de la compensacion del radio de herramienta debe hacerse en un bloque de programa con G00 o G01. Con G02 y G03 generalmente se emite una alarma.

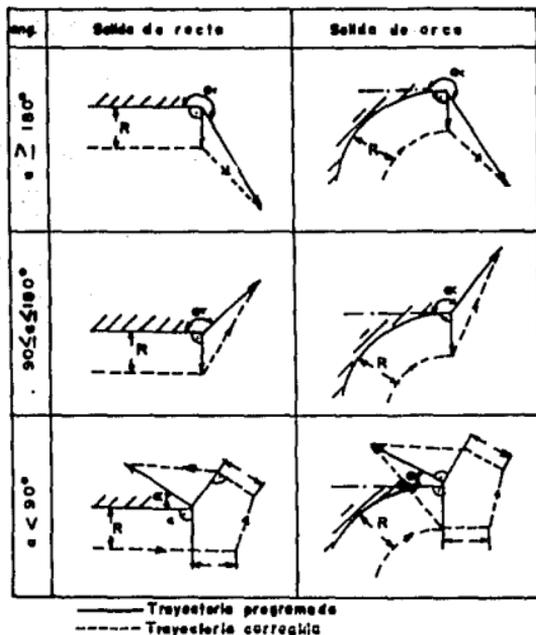


FIG III.23 : BORRADO DE LA COMPENSACION

### III.21 FUNCIONES PARA SIMPLIFICAR LA PROGRAMACION

#### CICLOS FIJOS (grabados).

Un ciclo fijo reduce la programación, ya que por medio de un solo código G se pueden simplificar varios bloques los cuales serian necesarios para especificar un ciclo. (Ver figura III.24)

Generalmente un ciclo fijo consiste de una secuencia de G operaciones que son:

- 1) Posicion de los ejes XY (incluye tambien al eje Z si es necesario.
- 2) Avance rapido hasta el punto R.
- 3) Maquinado
- 4) Operacion en el fondo del agujero . Ver tabla 3.3
- 5) Retorno al punto R.
- 6) Avance rapido hasta el punto inicial.

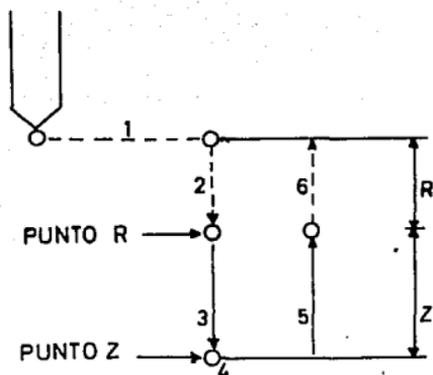


FIG III. 24 : SECUENCIA DE UN CICLO FIJO

A continuación de muestran los ciclos fijos con que cuenta la maquina:

T A B L A 3.3

Codigo	taladro (direccion - Z )	Operacion en el fondo del agujero	retroceso (direccion + Z)	Utilizacion
G73	avance in- termitente		avance rapido	Taladro profundo rapido.
G74	avance de trabajo	Alto husillo CW	avance de trabajo	Machuelado izquierdo
G76	Avance de Trabajo	Alto con orientacion del husillo	avance rapido	Taladro fino
G80				cancelacion
G81	Avance de trabajo		avance rapido	Taladrado y centrado
G82	Avance de trabajo	Alto tem- porizado	Avance rapido	Taladrado avellanado
G83	Avance in- termitente		Avance rapido	Taladrado profundo

G84	Avance de trabajo	Alto Husillo CCW	Avance de trabajo	Ciclo de Machuelado
G85	Avance de trabajo		Avance de trabajo	Ciclo de mandrinado 1.
G86	Avance de trabajo	Alto del husillo	Avance rapido	Ciclo de mandrinado 2
G87	Avance de trabajo	Husillo CW	Avance rapido	Ciclo de mandrinado invertido.
G88	Avance de trabajo	Alto tem- porizado y parada del husillo.	Manual	Ciclo de mandrinado 3.
G89	Avance de trabajo	Alto tem- porizado	Avance de trabajo	Ciclo de mandrinado 4.

Es conveniente utilizar G99 para el primer taladro, y para ultimo.



incremental. El avance es a velocidad  
rapida en las operaciones 2 y 6.

---

Pto. Q Indica el desplazamiento de la herramienta  
en los ciclos G73 y G83, en los ciclos G76  
y G87 indica la distancia que se deslaza  
la herramienta en forma radial. ( Siempre  
se especifica con un valor absoluto ).

---

Pto. P Determina el tiempo de paro al fondo de la  
herramienta. La relacion entre el tiempo  
y el valor especificado es el mismo que  
G04.

---

F Indica la velocidad de avance

---

Numero de Especifica el numero de repeticiones de un  
repeticiones K ciclo cuando K no es especificado, el  
control asume K=1.  
Cuando K=0 es indicado, el dato es simple-  
mente almacenado, pero no se realiza el  
ciclo

---

### III.22 REPETICIONES DE UN CICLO FIJO (F)

Cuando existen agujeros repetidamente en iguales intervalos para un mismo ciclo, el numero de repeticiones puede ser especificado usando el comando K. El maximo valor de K es 9999, K es efectiva solamente en el Block que se indica. ( Ver fig. III.25 )

Ejemplo:

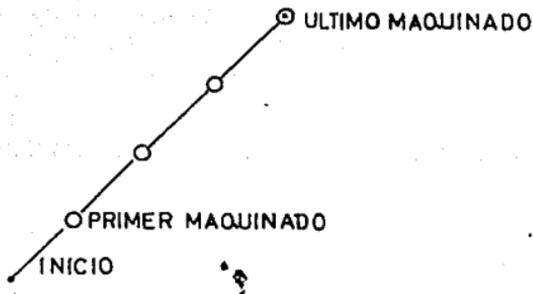


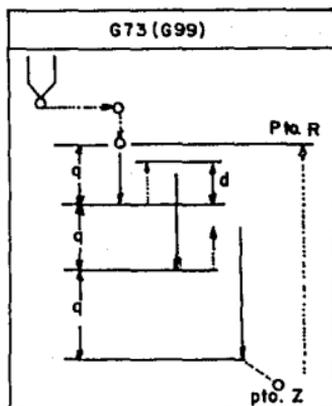
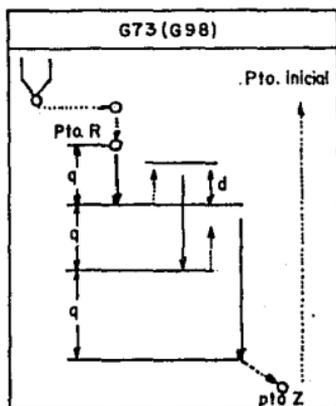
FIG III.25 : REPETICION DE UN CICLO FIJO

G81 X---- Y---- Z---- R---- K4 F ----;

X ---- Y ---- , especifica la primera posicion con un comando incremental (G91), Si esto es esoepecificado en manera absoluta, (G90), el agujero es repetido en lá misma posicion.

### III.23 CARACTERISTICAS DE LOS CICLOS FIJOS

#### G73 CICLO DE TALADRADO PROFUNDO RAPIDO



Formato:

N...G73 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- --- P---

( XY ) Plano de posicionamiento

( R ) Plano de referencia

( d ) Profundidad de cada taladrado.

( Z ) Profundidad del agujero

( q ) Retroceso rapido

-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

NOTA:

El valor de  $q$  se indica a la maquina por medio del parametro No. 0531, con las siguientes condiciones:

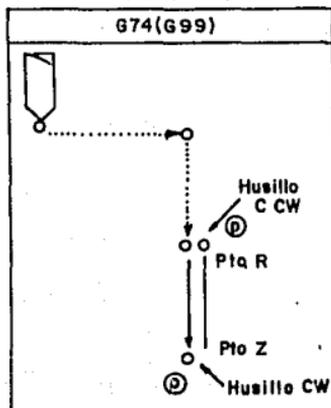
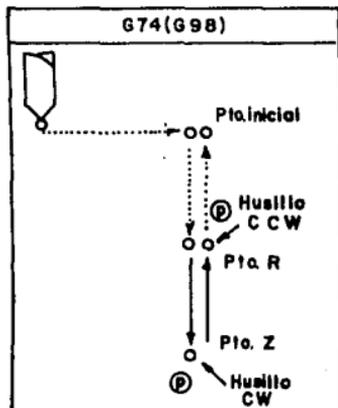
0 - 32767 Unidad: 0,001 mm.

0 - 32767 Unidad: 0,0001 pulgadas.

**CARACTERISTICAS:**

- Una vez efectuado el taladrado inicial (D), se realiza un retroceso rapido en el valor de (q) y asi sucesivamente.
- En cada taladrado se incrementa la profundidad (D) en la distancia (q)

**G74 CICLO DE MACHUELADO IZQUIERDO**



**Formato**

N... G74 (G99, G98 ) X--- Y--- Z--- R--- P---

(XY ) Plano de posicionado

( R ) Plano de referencia

( Z ) Profundidad del agujero

( R ) Tiempo de parada.

-----> Avance de trabajo

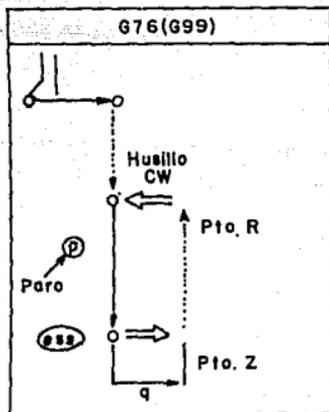
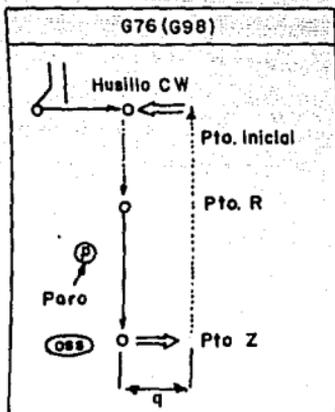
- - - - -> Avance rapido

**NOTA:**

Durante este ciclo el sobrecontrol de velocidad (Override), es ignorada y el control lo realiza al 100 % de la velocidad indicada en el comando F, hasta finalizar el ciclo.

**CARACTERISTICAS:**

- La operacion se realiza girando a izquierdas M04
- Parada de cabezal con inversion de giro N03
- Salida de la Herramienta
- Cambio de giro nuevamente.



Formato:

N... G76 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- Q--- P---F---

(XY) Plano de Posicionamiento

(R) Plano de referencia

(Z) Profundidad del agujero

(Q) Desplazamiento

(M19) Parada con orientacion del husillo

-----> Avance del trabajo

- - - - -> Avance rapido

NOTA:

(OSS) Oriented Spindle Stop. (Paro y orientacion del husillo.

----- Shift (Desplazamiento a velocidad rapida)

NOTA:

El valor del desplazamiento (Q) es fijado por el valor de (D), el valor de D es siempre positivo, si un valor negativo es especificado, el signo es ignorado.

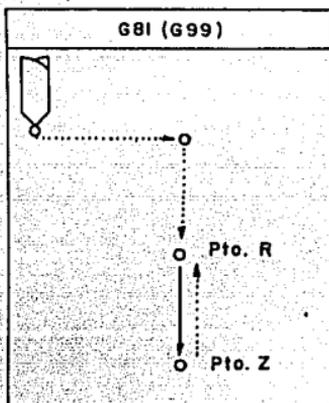
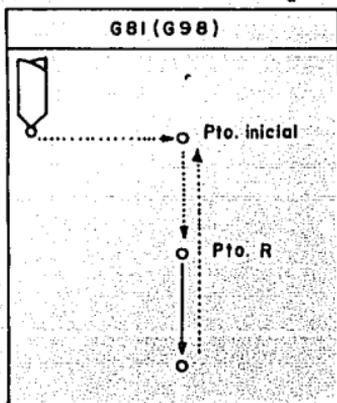
Para colocar el valor de D se utiliza el parametro No.0002.

CARACTERISTICAS:

- Tras alcanzar la profundidad (Z), transcurrido el tiempo de parada programado (P), se oriente el husillo.
- Desplazamiento radial y salida de la herramienta.

G80 CANCELACION DE UN CICLO FIJO

Mediante este comando los ciclos G73, G74, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87, G88, y G89 son cancelados y la siguiente operacion es realizada, los puntos R y Z son tambien cancelados, ( esto es R=0 y Z=0 para el comando incremental), cualquier otro dato de taladrado tambien es cancelado.



Formato:

N.... G81 ( G99, G98 ) X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_

( XY ) Plano de posicionamiento

( R ) Plano de referencia

( Z ) Profundidad del agujero

-----> Avance de trabajo

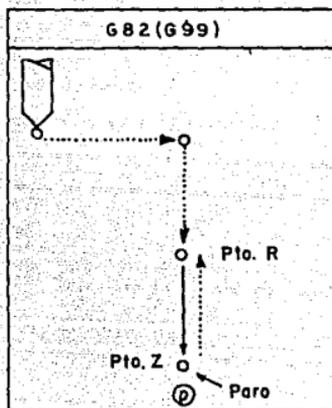
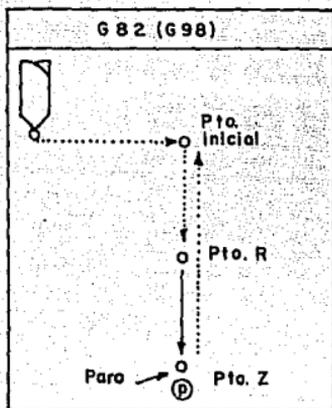
- - - - -> Avance rapido

CARACTERISTICAS :

--- Taladrado hasta la cota programada Z

--- Retroceso rapido

G82 CICLO DE TALADRADO (AVELLANADO)



Formato:

N... G82 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- P--- F---

( XY ) Plano de posicionamiento

( R ) Plano de referencia

( Z ) Profundidad del agujero

( P ) Tiempo de parada.

----- > Avance de trabajo

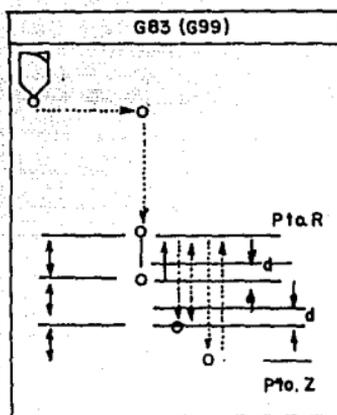
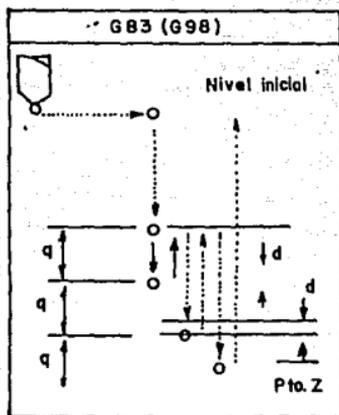
- - - - - > Avance rapido.

CARACTERISTICAS:

-- Taladrado hasta la cota (Z)

-- Parada del avance por tiempo P

-- Retroceso rapido.



Formato:

N... G83 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- Q--- F---

( XY ) Plano de posicionado

( R ) Plano de referencia

( q ) Profundo del primer taladrado

( Z ) Profundidad del agujero

( d ) Distancia al punto y cambio de velocidad

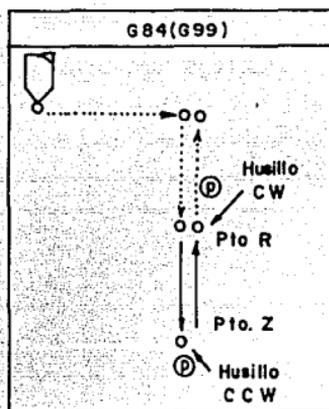
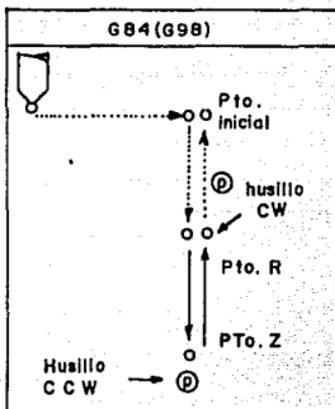
NOTA:

El valor de ( d ) es colocado en la maquina por medio del parametro No. 0532.

CARACTERISTICAS:

- Alcanza la cota programada q y hay un retroceso rapido al punto R.
- El nuevo posicionamiento es rapido.

G84 CICLO DE MACHUELEADO (DERECHO)



Formato:

N... (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- F---

- ( XY ) Plano de posicionado
- ( R ) Plano de referencia
- ( Z ) Profundidad del agujero
- ( P ) Tiempo de parada

-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

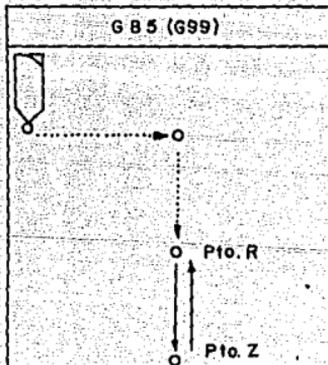
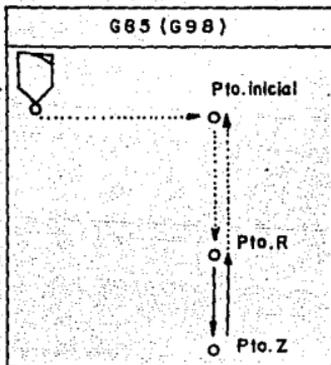
CARACTERISTICAS:

-- Las mismas que G74, pero a derechas

NOTA:

Este ciclo se realiza al 100% de la velocidad programada.

G85 CICLO DE MANDRINADO 1



Formato:

N ... (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- F---

( XY ) Plano de posicionado

( R ) Plano de referencia

( Z ) Profundidad del agujero

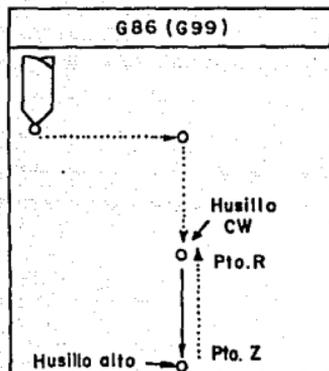
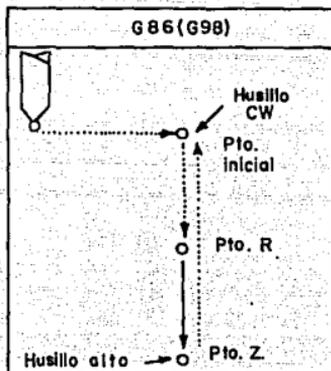
-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

CARACTERISTICAS:

-- Igual que G84, pero sin la inversion del sentido de giro.

G86 CICLO DE MANDRINADO 2



Formato:

N ... G86 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- F---

- ( XY ) Plano de posicionado
- ( R ) Plano de referencia
- ( Z ) Profundidad del agujero

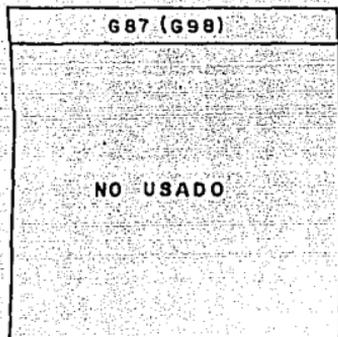
-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

CARACTERISTICAS:

- Igual que G84, pero con parada del cabezal en el fondo del agujero.
- Retroceso rapido

G87 CICLO DE MANDRINADO 3 . (CORTE POR DETRAS DE AGUJEROS)



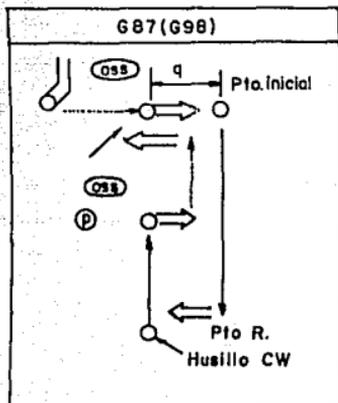
↓ DESPLAZAMIENTO

Formato:

N... G87 (G98) X--- Y--- Z--- R--- F---

- ( XY ) Plano de posicionado.
- ( R ) Plano de referencia
- ( Z ) Profundidad del agujero
- ( G ) Desplazamiento.

M19 Señal de paro y orientacion del Husillo



-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

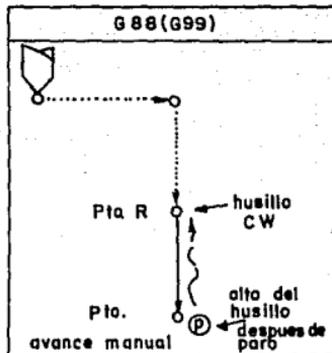
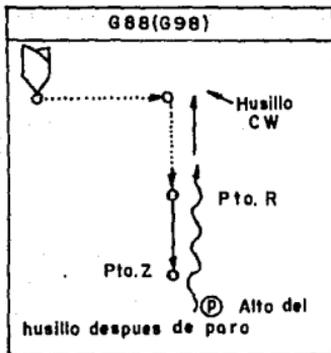
CARACTERISTICAS:

- La herramienta parada, orientada y desplazada radialmente introducida en rapido hasta (R).
- Giro (CW) y maquinado hasta la cota Z
- Parada posicionada, desplazamiento radial y extraccion de la herramienta.

**NOTA:**

El valor de desplazamiento ( $\phi$ ), es considerado igual al de  $\theta$  colocado en los ciclos 676 y 687.

G88 CICLO DE MANDRINADO 3



Formato:

N... G88 (G99, G93) X--- Y--- Z--- R--- F---

( XY ) Plano de posicionado

( R ) Plano de referencia

( Z ) Profundidad del agujero

( P ) Tiempo de paro

-----> Avance de trabajo

-----> Avance rapido

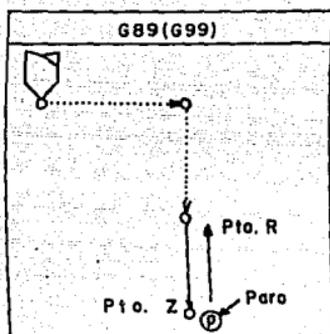
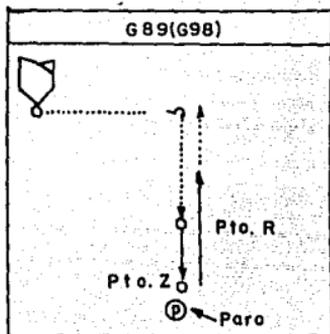
Avance manual

CARACTERISTICAS:

-- Alcanzada la cota Z parada del husillo

-- Extraccion manual de la herramienta

-- Salida con avance programado hasta R.



Formato:

N... G89 (G99, G98) X--- Y--- Z--- R--- P--- F---

(XY) Plano de posicionado

(R) Plano de referencia

(P) Tiempo de paro

-----> Avance de trabajo

- - - - -> Avance rapido

CARACTERISTICAS:

- Igual que G85 con parada programada mediante (P) en el fondo del agujero.

## C A P I T U L O   I V

### IV.1 COSTO DE PRODUCCION EN UNA MAQUINA CON CNC VS UNA CONVENCIONAL

En este capitulo se obtendra una comparacion en costos de produccion en las maquinas con CNC y una maquina convencional como primer paso se debe de entender el concepto de costo para poder determinar el costo de produccion.

### IV.2 C O S T O

La palabra costo tiene dos acepciones basicas: puede significar en primer lugar la suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir una cosa, la segunda acepcion se refiere a lo que es sacrificado o desolazado en lugar de la cosa elegida; en este caso el costo de una cosa equivale a lo que se renuncia o sacrifica con objeto de obtenerla.

El primer concepto expresa los factores tecnicos de la produccion y se le llama costo de inversion y el segundo manifiesta las posibles consecuencias economicas y se le conoce por costo de sustitucion.

#### COSTO DE INVERSION O INCURRIDO :

El costo de un bien constituye el conjunto de esfuerzos y recursos que han sido invertidos con el fin de producirlo.

La inversion esta representada en tiempo, en esfuerzo o en sacrificios a la vez que en recursos o en capital. La produccion

de un bien requiere un conjunto de factores tecnicos, un numero determinado de horas de trabajo del hombre y de la maquina, cierta clase de materiales, herramientas especiales y fuerza de las maquinas. El costo de inversion pues, representa los factores tecnicos que intervienen en la produccion medibles en dinero.

#### COSTO DE DESPLAZAMIENTO O DE SUSTITUCION :

Si se elige una cosa, su costo esta representado por lo que ha sido sacrificado o desplazado para obtenerla ; escogida la alternativa mas conveniente automaticamente se convierte en costo de inversion, es decir, todo costo de sustitucion o de desplazamiento al materializarse se convierte en costo de inversion.

#### IV.9 FACTORES DEL COSTO DE PRODUCCION

La naturaleza es la fuente de aprovisionamiento de todos los elementos, que sean necesarios para la satisfaccion de las necesidades, de ello se obtienen las materias primas. El primer factor del costo pues, esta representado por las materias primas que constituyen la base de los satisfactores o bienes materiales, pero para explotarlalas o transformarlas es necesario desarrollar un esfuerzo recibe el nombre de Trabajo, asi el segundo factor del costo esta representado por el trabajo.

La suma de los costos de materia prima y trabajo constituyen el costo primo.

$$\begin{array}{rcl} \text{COSTO} & = & \text{COSTO DE LA} & + & \text{COSTO DEL} \\ \text{PRIMO} & & \text{MATERIA PRIMA} & & \text{TRABAJO.} \end{array}$$

El esfuerzo del hombre seria insuficiente si no contara con la utileria necesaria que comprende desde la herramienta mas sencilla hasta la maquinaria mas complicada y que le permite economizar esfuerzos y material a la vez que aumentar considerablemente su productividad.

La utileria sufre una depreciacion que debe considerarse como elemento del costo de produccion de los articulos que se extraen o transforman. Ademas es necesario un local en donde se lleve a cabo las transformacion y esto origina un pago por concepto de renta en caso de ser alquilado o bien sufre una depreciacion en caso de ser propio; en cualquiera de los dos casos, este gasto tiene que considerarse como elemento de costo, pues de otra manera, representaria una perdida al no recuperarse a traves del precio. Por otra parte es necesario cubrir ciertos riesgos por medio de seguros, asi como pagar todos los gastos generales de fabricacion representados por la fuerza de alumbrado, las contribuciones, el material indirecto, etc. todas estas partidas corresponden a los gastos indirectos de produccion.

Por lo anteriormente expuesto, la formula sintetica del costo de produccion puede expresarse como sigue:

## COSTO PRIMO

COSTO DE PRODUCCION = COSTO DE MAT.PRIM + COSTO DE TRABAJO + GASTOS DE PRODUCCION

### COSTO UNITARIO

La unidad que generalmente sirve como base para la venta de un producto se denomina " costo unitario."

El costo unitario puede medirse en funcion de su produccion y distribucion. El costo de produccion contable, segun la naturaleza de las partidas que lo integran se descompone en material, trabajo y gastos indirectos de produccion, el costo de distribucion comprende los gastos de ventas, propaganda, transporte, cobranza, financiacion y gastos generales.

El diagrama 4.1 muestra la formacion del costo total unitario y del precio unitario.

#### IV.4 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO

De los costos que hemos mencionado anteriormente el mas importante es el unitario, ya que es consecuencia de todos los demas. Pero nos damos cuenta que es dificil determinar los costos para cada concepto, por ejemplo renta, luz, servicios etc. por lo cual en las industrias se consideran los siguientes porcentajes para cada costo a excepcion de la materia prima, cuyo costo es facil de determinar ya que es en forma directa.

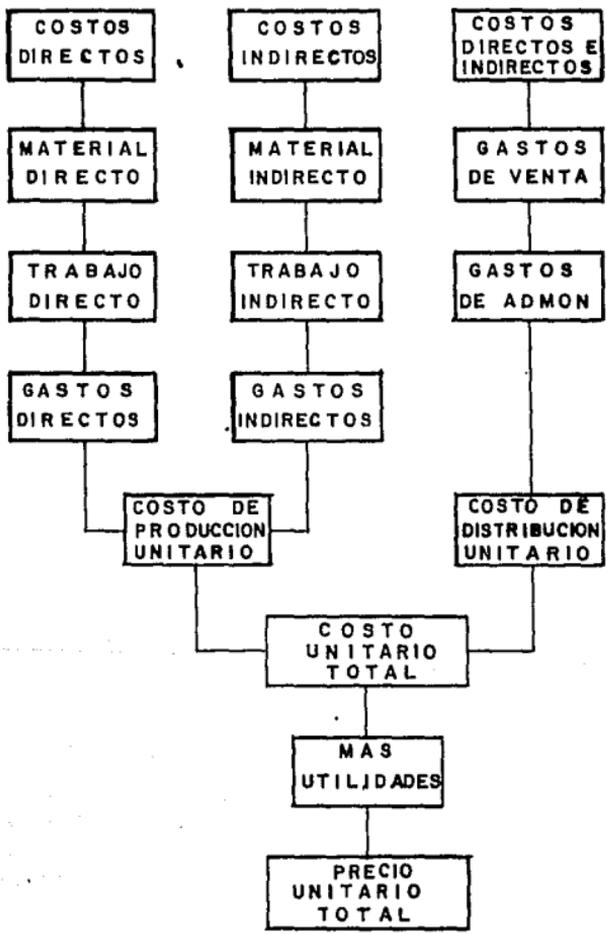


DIAGRAMA 4.1 : DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO

Para los costos de mano de obra se utiliza el 27 % del costo de la materia prima y para los costos indirectos se utiliza el 66%

E J E M P L O :

COSTO UNITARIO DE UN CUERPO DE VALVULA E-5\*

	Costo de la materia prima	costo de mano de obra(27%)	costos indirectos (66 %)	T O T A L
CUERPO	8536	2304	5633	16,473

(a)

En la produccion de una valvula E5 en maquinas convencionales, el costo correspondiente a materia es el mismo que en las de CNC, pero los costos de mano de obra e indirectos se ven incrementados, uno de los parametros mas importantes que se ve abatido en las maquinas con CNC es el tiempo.

El tiempo de produccion estimado de una valvula E5 en maquinas convencionales es de 2 1/2 HRS. Mientras que en una con CNC es de apenas 6 minutos.

(a) Valvula utilizada en sistemas de frenos de aire y sirve para distribuir la presion de aire a traves de todo el sistema en el momento que se oprime el pedal de freno

#### IV.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MAQUINAS CON CN

Las maquinas de CN cuentan con una serie de ventajas sobre las convencionales, a continuacion indicare las mas importantes:

##### MEJOR NIVEL DE PLANEACION.

Cuando maquinas convencionales son empleadas en operaciones de manufactura el operador tiene que aplicar sus conocimientos (aunque sean liricos), para determinar las condiciones de avance, velocidad, RPM, forma de sujecion de la pieza, colocacion de las herramientas, geometria de la herramienta numero de cortes, etc. es decir todo es experiencia del operador.

En una maquina con CNC, debido a las características la planeacion puede realizarse con mayor anticipacion por uno o mas especialistas. Esto es a que ya se conocen todas las características del equipo, asi tambien el programador podra realizar un programa con una anticipacion determinada considerando la secuencia, numero de cortes, las condiciones de operacion como son: avances, RPM, aplicacion de refrigerante, etc.

Por otra parte es posible disenar con anticipacion todos los dispositivos requeridos para el maquinado de la pieza, y disenar o preparar todas las herramientas que se van a utilizar para la misma.

## REDUCCION DE LA MAND DE OBRA CALIFICADA

Con la utilizacion de maquinas con CN es posible reducir el numero de operarios, de tal manera que sean uno o dos los encargados de la maquina. Ademas una caracteristica de la mayoria de maquinas de este tipo tienen un sistema de autonprogramacion.

## MEJOR PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

En las maquinas de CN, la intervencion del operador es minima, es decir una vez establecido un programa que estara de acuerdo a la secuencia indicada por el departamento de ingenieria, las piezas se fabricaran de la manera mas rapida y al mas bajo costo.

Dentro del proceso de la utilizacion de utillaje y herramientas preestablecido facilitara el proceso de la fabricacion y ademas seran factores importantes para determinar un tiempo constante de fabricacion.

Esto hace que los programas de produccion planeados sean mas exactos y tengan una mayor confiabilidad debido a que se puede establecer mas facilmente los requerimientos netos de produccion y el tiempo en que seran llevados a cabo.

## REDUCCION DE TIEMPO DEL CICLO DE OPERACION

Esta es una de las ventajas primordiales de las maquinas de CN, ya que tienen una rapidez extraordinaria de posicionamiento, cambios de herramienta por la via mas corta de giro en el

magazine o torreta, lo cual reduce en consideracion la fatiga del operador y da muy buenos resultados en ahorro de tiempo.

#### MAYOR UTILIZACION DE LA MAQUINA

En una maquina de CN el costo por hora es mas cara que en una convencional, pero esto se ve abatido por la tremenda flexibilidad que presentan estas maquinas, en las cuales se pueden desarrollar trayectorias que es imposible realizar, en una convencional, en consecuencia la utilizacion en una maquina CNC es mayor.

#### REDUCCION DE CONSUMO DE HERRAMIENTAS

Este concepto representa un alto costo a las empresas ya que normalmente tienen muchas perdidas de herramienta causadas por personal inexperto, en sistemas con CN es muy dificil someter a las herramientas a condiciones extremas de trabajo, esto es porque en todo momento se tienen lecturas de las condiciones de la herramienta como son sus revoluciones y sobre todo la carga o esfuerzo al que esta sometida la herramienta, como es sabido la falta de filo, exceso de avance o de revoluciones redituan en un mayor esfuerzo y consecuentemente en la ruptura de la herramienta.

Aun con todas las ventajas mencionadas un empresario o grupo empresarial puede solicitar una justificacion para la adquisicion de una maquina con CN.

A continuacion mencionare cuando es posible utilizar CN y porque.

#### IV.6 ¿ CUANDO SE DEBE USAR EL CONTROL NUMERICO ?

La decision se basa fundamentalmente en el numero de piezas a fabricar a continuacion indico estas series.

##### GRANDES SERIES (10,000 PIEZAS)

Para responder al problema de la gran serie, se utilizan automatismos secuenciales mecanicos, neumaticos, hidraulicos o electromecanicos. Si la serie es muy grande, el automatismo debe poder permitir el trabajo simultaneo de varias cabezas que, a su vez, permitan unas cadencias muy grandes y, por lo tanto un rendimiento de trabajo muy elevado. La gama alta de la serie esta cubierta hoy dia por las maquinas transfer, realizadas para varios automatismos trabajando simultaneamente en forma mas o menos sincronizada.

##### SERIES MEDIAS ( 50 - 10,000 )

Para resolver el problema de la fabricacion de piezas dentro de estas series se utilizan hoy dia tres tipos de automatismos:

- a) Copiadoras
- b) Controles programados numericamente
- c) Controles numericos

La utilizacion de un automatismo u otro dependera de la precision, flexibilidad y rapidez exigidas.

El control numerico sera especialmente interesante cuando las fabricaciones se mantengan en series comprendidas, entre 5 y 10,000 piezas que deberan ser repetidas varias veces durante el ano. El control numerico dentro de este intervalo presenta notables ventajas que se analizaron anteriormente.

#### SERIES PEQUEÑAS ( 5 PIEZAS )

Para estas series, la utilizacion del control numerico no suele ser rentable, as no ser que la pieza fuera bastante compleja, y que pueda efectuarse su programacion con ayuda de una computadora, en otro caso, los gastos de programacion resultarian demasiado elevados con relacion a los costos de maquinado.

Para menos de 5 piezas, los maquinados en maquinas convencionales seran , en general mas economicos (Ver figura IV.1)

Hay que pensar, pues en maquinado en maquinas de control numerico cuando:

- Las cadencias de fabricacion son pequenas y repetitivas ( 1 o 2 lotes mas ), para ello bastara simplemente con repetir el programa arcivado.
- La pieza exige numerosas fases de maquinado en diferentes maquinas convencionales.

- Aun siendo piezas sencillas, requieren numerosos posicionamientos.

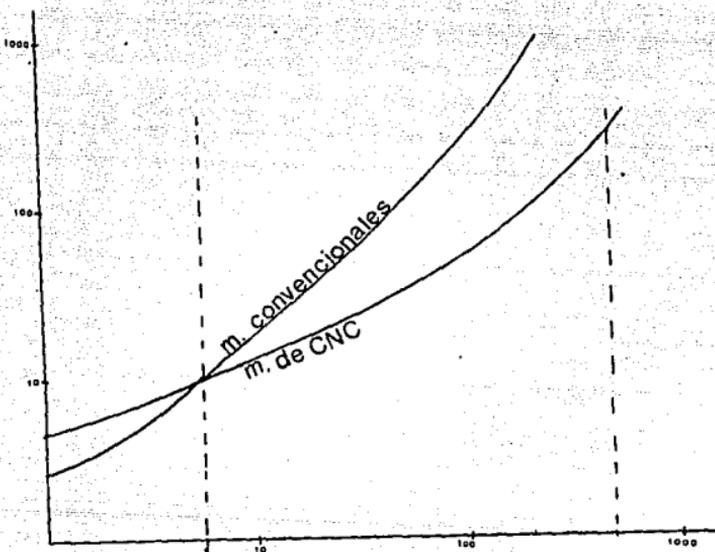


FIG. IV.1: PRECIO DE EJECUCION DE UNA PIEZA EN FUNCION DEL NUMERO DE PIEZAS.

#### IV.7 PASOS A SEGUIR PARA EL MAQUINADO DE UNA VALVULA E-5

1) DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA SUJECION DE LA VALVULA EN EL CUARTO EJE.

Este es un dispositivo diseñado de tal forma que entra en la cavidad del corazón principal y un contrapunto que ejerce presión de la valvula contra el dispositivo, no creo indicar los pasos

para fabricar el dispositivo ya que no es de nuestro interes.

## 2) COLOCACION A "ESCUADRA " DE LA VALVULA.

Es necesario antes que nada, poner la valvula perpendicular al husillo principal, para que los maquinados sean perpendiculares a las superficies. Esto se logra utilizando una escuadra y de acuerdo a la habilidad del operador.

## 3) COLOCACION DE LAS HERRAMIENTAS EN EL MAGAZINE O TORRETA DE LA MAQUINA.

Las herramientas se colocan de acuerdo a las posiciones que tomara la valvula, quedando en el siguiente orden:

- 1) Broca 7/16"
- 2) broca 37/64"
- 3) machuelo 1/4 - 18 NPT
- 4) machuelo 3/8 - 18 NPT
- 5) broca 23/32"
- 6) machuelo 1/2 - 14 NPT
- 7) broca 5/16"
- 8) machuelo 3/8 - 16 NPT
- 9) broca 1/4 "
- 10) machuelo 1/8 - 27 NPT
- 11) cortador vertical de 1" Ø
- 12) machuelo 5/16 - 18 NC
- 13) rima 3/4 "

4) Colocacion en "casa" de los 3 ejes mediante la utilizacion "Home Position", esto con la finalidad de colocar en el punto cero y poder localizar las coordenadas del primer maquinado.

5) Mediante la utilizacion del "JOB", se desplazan los ejes hasta encontrar el centro del primer maquinado, esta posicion queda indicada en la pantalla del panel de controles y ademas se indicara posteriormente como primera oosicion es decir G54 bajo este mismo procedimiento se encuentran las posiciones indicadas siguientes G55, G56, G57, G58 y G59. Posteriormente se indicara a que parte del programa corresponden las posiciones antes mencionadas.

#### 6) CALCULO DE AVANCES Y REVOLUCIONES DE LAS HERRAMIENTAS

Es importante explicar los conceptos anteriores.

Velocidad periferica (RPM), La velocidad de trabajo de una broca es el espacio recorrido por un punto de la periferia en la unidad de tiempo, por lo que es conocida como "Velocidad periferica", y esta dada en pies por minuto o en metros poor minuto. Esta depende en terminos generales del tipo de material a trabajar.

Para calcular las revoluciones por minuto de trabajo de la maquina debe emplearse la siguiente formula:

$$\text{RPM} = 3.82 \times \frac{\text{Velocidad periferica (pies/min)}}{\text{Diametro de la broca ( pulg. )}}$$

NOTA:

La velocidad periferica se encuentra ya calculada por los diferentes fabricantes de herramientas y varia de acuerdo al tipo de material tanto de la herramienta como el de la pieza de trabajo.

En caso del sistema metrico las RPM se calculan a partir de la siguiente formula.

$$\text{RPM} = 300 \frac{\text{Velocidad periferica ( m/min )}}{\text{Diametro de la broca ( m m. )}}$$

Para nuestro estudio de maquinado de la valvula, utilizaremos el valor de 140-200 pies/min como velocidad periferica, ya que es el que corresponde a las aleaciones de aluminio con brocas de acero alta velocidad.

Para brocas pequenas, materiales demasiado duros y profundidades de barrenado que excedan a 3 veces el valor del diametro de la broca, se requiere de una consideracion particular al seleccionar el avance adecuado.

Ya que el avance influye de gran forma en los rangos de produccion esperados asi como en la vida util del filo de la herramienta, debe ser seleccionado cuidadosamente para cada trabajo en particular segun sean requeridas las piezas producidas como formato importante a la improvisacion de una mas larga vida util de la herramienta.

En general, la mayoría de los avances efectivos se encontraran dentro de los siguientes rangos.

Diam. de la broca (Pulg)	Avance (Pulg/rev)
arriba de 1/16 a 1/3 inch.	.001 a .003
arriba de 1/8 a 1/4 inch.	.002 a .006
arriba de 1/4 a 1/2 inch.	.004 a .010
arriba de 1/2 a 1 inch.	.007 a .015
arriba de 1	.015 a .025

Utilizando la informacion anterior se calculan las RPM y avances de las brocas, siendo los siguientes valores:

- broca 7/16 " ( 0.438 " )

$$\text{RPM} = 3.82 \frac{170 \text{ pies/min}}{0.438 \text{ pulg.}} = 1484$$

Para un avance de .008 pulg/rev  
tenemos un avance de 10.4 pulg/min.

- broca 37/64 ( 0.578 " )

Aplicando las mismas consideraciones tenemos :

RPM = 1123, para su avance del .009

avance = 10.11 pulg/min

- broca 23/32" ( 0.719 )

RPM = 903

Para un avance de .009 tenemos

Avance = 6.12 pulg/min

- broca 5/16 " ( 0.312" )

RPM = 2081

Para un avance de 0.007 pulg/rev

Avance = 14.57 pulg/min

- Broca 1/4 " ( 0.250 : )

RPM = 2597 Para un avance de .006 pul/rev

Avance = 15.58 pulg/min

- Broca F" ( 0.257 )

Se consideran las mismas condiciones que la broca de 1/4"

Para los machuelos existen factores que influyen en la optimizacion de la velocidad de corte estos factores son:

- Material a roscar
- Longitud achaflanada del machuelo
- Porcentaje de rosca efectiva que sera cortada
- Longitud del barreno que se pretende cortar.
- Paso de la rosca
- Fluido de corte empleado

- Tipo y condiciones de la maquina empleada
- Posicion de la operacion (Vertical y horizontal)

Del listado anterior se deduce que para el caso de los machuelos, las velocidades de corte no pueden ser tabuladas con la misma certeza que para otra herramienta. Por otro lado en esta operacion el avance no puede variarse independientemente de la velocidad de corte, ya que depende de la velocidad periferica y del paso. Machuelos iguales con pasos diferentes tendran distinto avance producido.

La velocidad periferica es un valor ya especificado por la mayoria de los fabricantes, por lo tanto en este capitulo se considera la velocidad de acuerdo a "Herramientas Greenfield".

Para los casos del aluminio y sus aleaciones se recomienda una velocidad periferica de hasta 100 pies/min

Machuelo  
1/4 - 18 NPT  
RPM = 500

Machuelos rectos  
Machuelo 3/8 - 16 NC

Machuelo  
3/8 - 18 NPT  
RPM = 400

Usando una velocidad periferica  
de 500 pies/min.  
RPM = 500

Machuelo  
1/2 - 14 NPT  
RPM = 300

Machuelo 5/16 - 18 NC  
RPM = 600

Para programar los avances es necesario multiplicar los RPM por el paso. Como por ejemplo tomaremos el machuelo de 1/4 18 NPT a 500 RPM.

$$\text{El paso} = \frac{1}{\text{No. de hilos}} = \frac{1}{18} = 0.055$$

$$(\text{Paso}) (\text{RPM}) = F \quad F = (0.055) (500)$$

$$F = 27.77 \text{ pulg/min.}$$

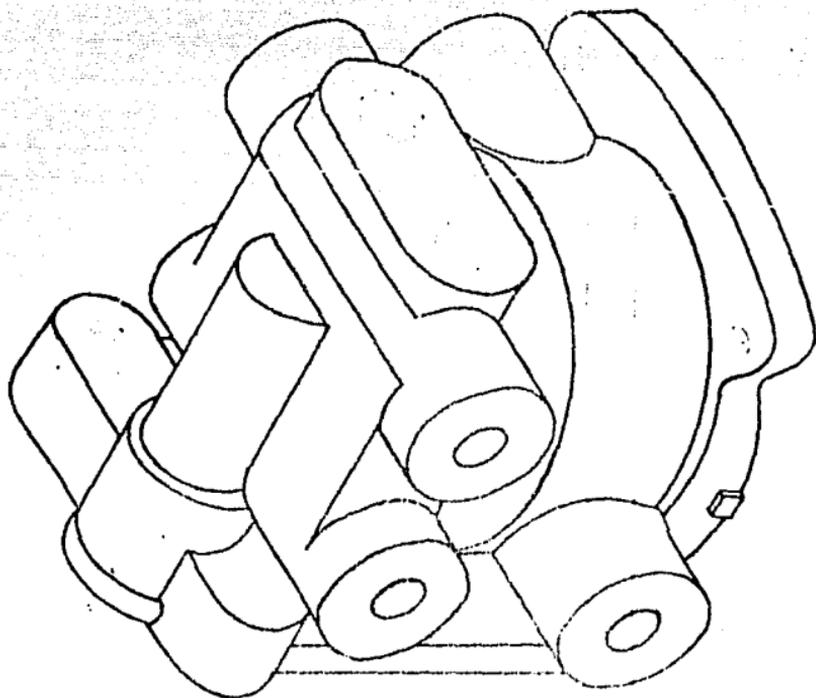
El avance y RPM de las otras herramientas generalmente ya son indicados por el proveedor así el cortador vertical tiene previstas 3000 RPM y un avance de 0.004 pulg/rev.

#### IV.8 FORMA DE REALIZAR EL PROGRAMA:

Una vez conocidos los planos de la pieza a realizar, se pueden determinar los pasos para su maquinado. En el caso que estamos analizando ya conocemos las características de la pieza, además conocemos las condiciones de maquinado para las diferentes herramienta, así que la realización del programa depende del departamento de Ingeniería en el cual se determinan los movimientos de las herramientas así como de la pieza, en base a su análisis de tiempo de producción.

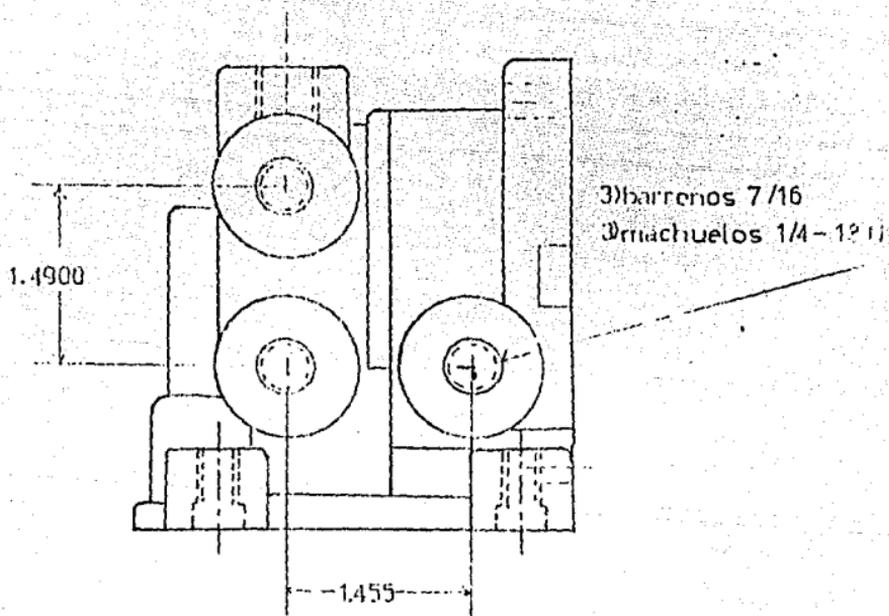
El programa puede ser introducido a la memoria de la máquina, a través del panel de control en forma directa o bien mientras que se está realizando algún otro programa, (modo "background").

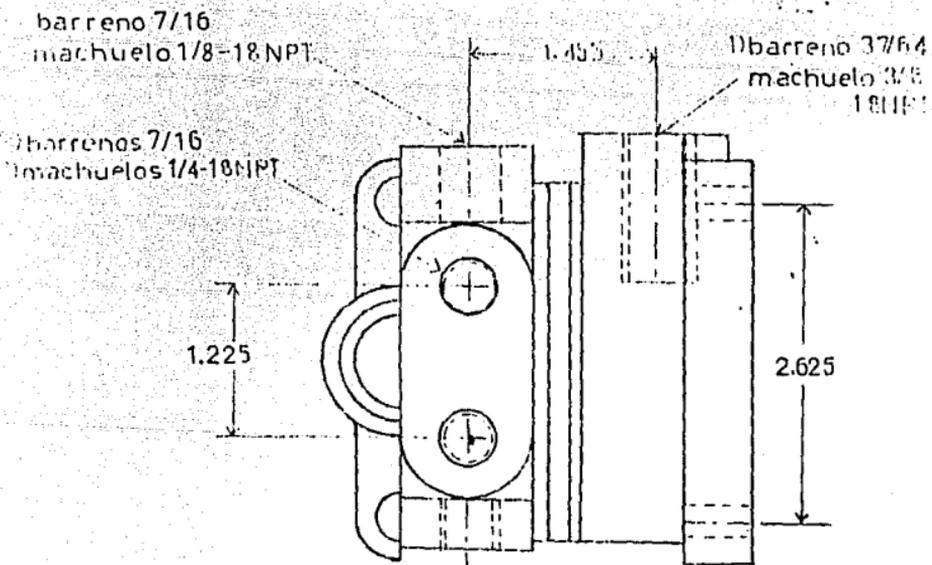
A continuación se muestran los planos de la válvula y después podemos observar el programa para realizar su maquinado.



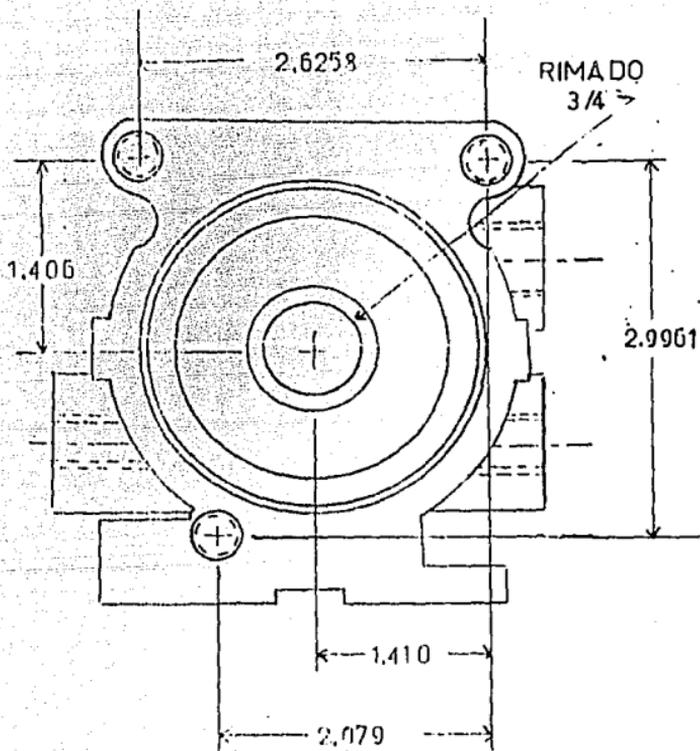
138

UNAM
ENLP ARAGON
GABRIEL FLORES COBIATI
VAQUILLA (E5)
ACGT ESCUADRON





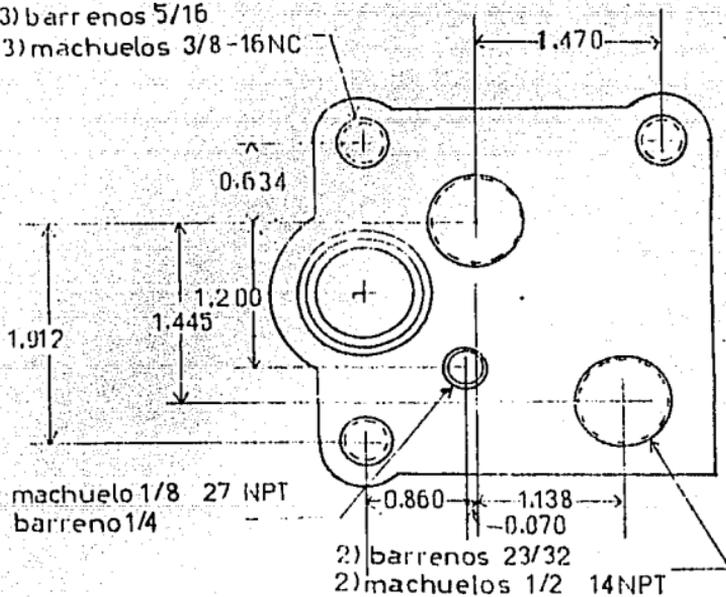
UNAM  
 ENER. ARAGON  
 GABRIEL FLORES CORONA  
 VALVULA E5  
 ALUM. PULG. ESC 1:1



UNAM	
ENEPARAGON	
GABRIEL FLORES COBIAN	
VALVULA - E5	
ACO: PULG	ESC: 1:1

3) barrenos 5/16

3) machuelos 3/8-16NC



machuelo 1/8 27 NPT  
barreno 1/4

2) barrenos 23/32

2) machuelos 1/2 14NPT

UNAM

ENEP ARAGON  
GABRIEL FLORES COJATI  
VALVULA E5  
MOT. PULG. | ESC 11

REALIZACION DEL PROGRAMA:

Para realizar el programa, es necesario seguir la secuencia de las herramientas, colocadas en el magazine, el programa consta de los siguientes bloques de instrucciones :

N001	G91	G28	Z0 *		
N002	G28	X0	Y0 *		
N003	G90	T01	M06 *		
N004	S	1500	M13 *		
N005	G0	G54	X0	Y0 *	
N006	G43	H1	Z0.050 *		
N007	G81	Z - 0.930	F 10. *		
N008	G99	X - 1.455			
N009	Y 1.4900	Z - 1.250 *			
N010	G80	Z 1.0 *			
N011	A 90 *				
N012	G0	G55	X0	Y0 *	
N013	G43	H 1	Z0.050 *		
N014	G81	Z - 0.850	F 10 *		
N015	Y 1.225 *				
N016	G80	Z 1 *			
N017	A 180 *				
N018	G0	G56	Z0	Y0 *	
N019	G43	H 1	Z0.050 *		
N020	G81	Z - 1.280	F 10 *		

## CAPITULO I I I

### III.1 PROGRAMACION DEL CENTRO DE MAQUINADO

El objeto de este capitulo es llegar, por medio de la exposicion de las diferentes funciones que estas maquinas tienen a la divulgacion e informacion en general de los programadores.

Como se sabe, el programador partiendo del plano de la oficina tecnico debe cubrir las etapas necesarias para maquinar la pieza (Calculos geometricos, procesado de maquinado, seleccion de herramientas, etc.), y posteriormente realizar el programa.

En general para la realizacion del programa es necesario conocer o establecer:

- El plano de la pieza y numero de piezas, asi como la lista de herramientas, para con ello establecer el proceso de maquinado.
- Las características de la maquina en lo que se refiere a: Potencias, Velocidades, Dimensiones Admisibles, Precision, etc.
- Las características del Control Numerico: Tipo de centro (Numero de ejes, formato bloque, lista de funciones codificadas, Etc.).

### III.2 EJECUCION DEL PROGRAMA EN CN.

La ejecucion del programa para gobernar el centro de maquinado. Se realiza siguiendo normas fijas que definen las ordenes e informaciones deseadas por el tipo de maquinado que se desee.

Estas informaciones pueden ser comunicadas a la maquina por medio de Cinta Magnetica, forma manual por medio del MDI, o bien por medio de un programa a realizar.

### III.3 LA INFORMACION DE QUE PUEDE ESTAR COMPUESTO UN PROGRAMA ES:

- TEXTO PREVIO.
- PRINCIPIO DE PROGRAMA
- PROGRAMA DE MAQUINADO
- FIN DE PROGRAMA

El texto previo contiene indicaciones tecnicas de la fabricacion, como numero de programa, numero de piezas, aclaraciones para el operario, etc.

Si el texto previo se extiende a mas de una linea, la segunda y siguientes lineas se escriben entre parentesis.

Para el principio del programa se emplean los simbolos LF O CR segun el codigo que se vaya a utilizar, ISO O EIA respectivamente.

N072	G28	X0	Z0	*		
N073	G90	T06	M06	*		
N074	S 300	M 13	*			
N075	G0	G57	X0	Y0	*	
N076	G43	H7	Z 0.020	*		
N077	G84	Z - 0.800	F 21.428	*		
N078	X 1.1389	Y - 1.4451	*			
N079	G80	Z 1	*			
N080	G91	G28	Z0	*		
N081	G28	X0	Y0	*		
N082	G90	T07	M06	*		
N083	S 2000	M 13	*			
N084	G0	G57	X - 0.860	Y 0.6343	*	
N085	G43	H8	Z 0.020	*		
N086	G81	Z - 0.820	F15.	*		
N087	Y - 1.9125	X - 0.860	*			
N088	X 1.4700	Y 0.6343	*			
N089	G80	Z 1	*			
N090	G28	X0	Y0	*		
N091	G28	X0	Y0	*		
N092	G90	T08	M06	*		
N093	S 500	M 13	*			
N094	G0	G57	X - 0.860	Y 0.6343	*	
N095	G43	H9	Z 0.020	*		
N096	G84	Z - 0.850	F 31.25	*		
N097	Y - 1.9125	X - 0.860	*			

N098	X 1.4700		Y 0.6343	*		
N099	G80	Z 1	*			
N100	G91	G28	Z 0	*		
N101	G28	X0	Y0	*		
N102	G90	T09	M06			
N103	S 2500	M 13	*			
N104	G0	G57	X - 0.0704	Y - 1.20000	*	
N105	G43	H10	Z - 0.870	*		
N106	G81	H10	Z - 0.870	*		
N107	G80	Z 0.200	*			
N108	G0	G59	X0	Y0	*	
N109	G43	H11	Z 0.020	*		
N110	G81	Z - 0.760	F15	*		
N111	X - 2.6258	Y 0.006	Z 0.850	*		
N112	G80	Z 1.100	*			
N113	X 2.079	Y 2.9961	*			
N114	G43	H11	Z 0.020	*		
N115	G81	G99	Z 1.300	R 0.070	F-15	*
N116	G80	Z 2.	*			
N117	G91	G28	Z 0	*		
N118	G28	X0	Y0	*		
N119	G90	T10	M06	*		
N120	S 500	M 130	*			
N121	G0	G57	X 0.0704	Y 1.200	*	
N122	G43	H12	Z 0.020	*		
N123	G84	Z-0.700	F 18.518	*		

N124	G80	Z 1	*			
N125	G91	G28	Z 0	*		
N126	G28	X0	Y0	*		
N127	G90	T11	M06	*		
N128	S 3000	M13	*			
N130	G0	G58	X0	Y0	*	
N131	G43	H1	Z 0	*		
N132	X 0.030	F 0.1	*			
N133	G91	G01	A 360	F 360	*	
N134	X-0.060	F 0.1	*			
N135	G91	G01	A 360	F 360	*	
N136	G28	Z 0	*			
N137	G28	X0	Y0	*		
N138	G90	T12	M06	*		
N139	S 600	M13	*			
N140	G0	G59	X0	Y0	*	
N141	G43	H13	Z 0.020	*		
N142	G84	Z-0.900	F 33.333	*		
N143	X 2.6258	Y 0.006	*			
N144	G80	Z 1.100	*			
N145	X 2.079	Y 2.9961	*			
N146	G84	G99	Z-1.100	R 0.070	F 33.333	*
N147	G80	Z 1	*			
N148	G91	G28	Z 0	*		
N149	G28	X 0	Y 0	*		
N150	G90	T13	M06	*		

N151	S 400	M13	*		
N152	G0	G59	X-1.410	Y-1.406	*
N153	G43	H14	Z 0.010	*	
N154	G81	Z-2.100	F4	*	
N155	G80	Z 2.	*		
N156	G91	G28	Z 0	*	
N157	G28	X0	Y0	*	
N158	M 05	*			
N159	M 02	*			

## EXPLICACION DEL PROGRAMA:

Los bloques 1 y 2 indican a la maquina el posicionamiento en "casa", para la colocacion en el cero de la maquina, al inicio de las operaciones del dia es necesario desplazar los ejes en forma manual cuando menos 2 pulgadas, esto con la finalidad de que al iniciar el progrmaa los ejes se puedan desplazar, si no es asi la maquina indica una alarma.

El bloque 3 efectua el cambio de herramienta automatico para tomar la herramienta numero 1, es importante mencionar que la colocacion de las instrucciones en este bloque es muy importante ya que si M06 se antepone a T01, no se realiza el cambio de la herramienta.

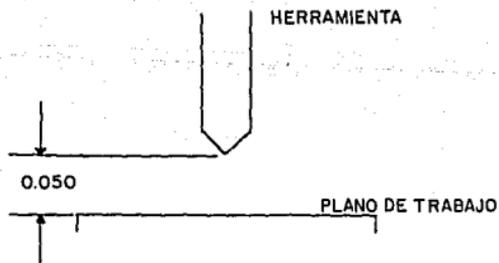
En el bloque 4 se especifican las revoluciones por minuto de la herramienta, en este caso 1500 y ademas el sentido de giro, M13 indica giro en sentido manecillas (CCW ), y M14 indicara sentido contrario (CCW).

El bloque 5 posiciona la pieza en el primer barreno de la primera posicion correspondiente a G54, estas coordenadas son introducidas a la maquina por medio del panel de instrucciones despues de haberla definido manualmente, el posicionamiento es hecho con rapidez, por la accion del comando G00.

Es importante indicar que G54, X0, Y0 quedan registradas por la maquina como el "cero" de la pieza y a partir de ese punto se desplaza.

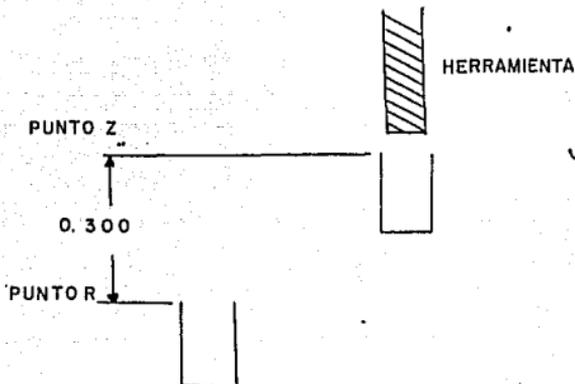
El siguiente bloque (6), indica que la maquina le a la compensacion numero 1 (H1), y que la asume pese al valor de Z de G54, en este caso la compensacion 1.

Siempre vale 0 porque la primer herramienta es la que se utiliza para dar los valores del G54, tanto en X, Y, Z, por lo tanto no requiere compensacion, el valor de Z 0.050 indica que la maquina se detenga a 0.050", antes de tocar la superficie.



El bloque 7 corresponde a un ciclo de barrenado (G81) a una profundidad de 0.930" y con un avance de 10 Pulg/Min.

Como los barrenos no se encuentran a la misma altura, es necesario que despues de haber hecho el primer barreno la pieza se desplace en  $X 1.455''$ , colocando el segundo barreno en posicion, pero la herramienta se debe desplace el valor que corresponda a la altura del 1er y 2o barreno; esto se logra mediante el comando G99 que indica que el punto R esta a  $0.300$  por abajo del punto Z.



El bloque 9 indica un desplazamiento de  $1.490''$  y posteriormente un barrenado a  $1.250''$ , de profundidad.

El 10 corresponde a la cancelacion del ciclo fijo, en este caso a G81.

En 11 se muestra un giro de  $90$  en sentido manecillas, para despues posicionarse en la siguiente posicin de acuerdo a G55, segun el bloque 12.

En los bloques siguientes se indican instrucciones similares a las anteriores por lo cual es facil comprenderlas. Es importante mencionar los puntos más importantes para la programacion. Estas son las velocidades, avances y posicionamiento.

## APENDICE

1

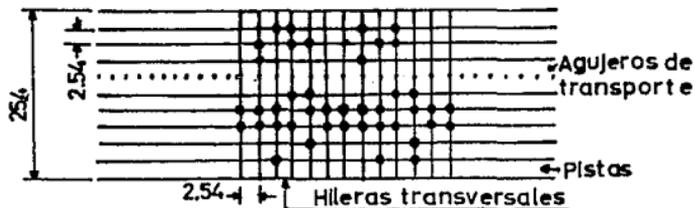
## CARACTERISTICAS DE LA CINTA PERFORADA

El soporte de la informacion es el materia o dispositivo destinado a recibir la informacion para pasarla a la maquina. En control numerico, actualmente el metodo mas utilizado es el de "Cinta Perforada".

El material de cinta perforada empleado puede ser papel, plastico, corrientemente se emplea la cinta de papel.

### ESTRUCTURA DE LA CINTA PERFORADA

La informacion se halla contenida en la cinta perforada en forma de agujeros, que estan dispuestos en canales e hileras transversales, tal como se muestra a continuacion:



El ancho de la cinta esta dividido en 9 areas, de las cuales 8 se denominan "pistas", y la noventa, pista de agujeros de transporte. 5 pistas de datos se hallan a un lado de esta pista de transporte y otras 3 en el otro. Estas pistas se denominan, ademas "canales". Los agujeros se perforan excatamente en las

lineas centrales de estas hileras transversales. Cada hilera transversal contiene 8 pistas. Los agujeros se perforan en diversas pistas de una hilera transversal de datos de un golpe, por lo cual se la denomina tambien "signo". La codificacion para los agujeros corresponde bien a la norma EIA RS-244 bien a la RS-0956. Estas normas son conocidas en el ambito europeo generalmente como norma EIA y norma ISO.

#### SIGNO

Un "signo" es la parte mas pequena de la informacion. Puede ser:

- Una letra del alfabeto
- Una cifra individual
- Un signo de puntuacion
- Un signo mas o menos
- Un signo especial

Un grupo de signos representa una "palabra" de informacion.

Una palabra es, por lo general un numero de signos que consiste en una letra y una o varias cifras con los cuales se da al mando una orden. Por ejemplo: G01 es una palabra preparatoria, X123 455 es una palabra-orden de recorrido en X.

#### FRASE O BLOQUE

La frase o bloque consiste en una palabra o en un grupo de palabras. Una "frase" contiene todas las informaciones

necesarias para ejecutar una operacion. Estas informaciones pueden consistir solamente en una informacion de recorrido, y una informacion auxiliar, o tambien solamente en una funcion auxiliar.

#### CONTROL DE PARIDAD

Existen muchos tipos de codificacion para la informacion de cinta perforada, aunque por lo comun se emplean dos de ellos .

Estos sistemas son los que corresponde a las normas RS-244E y RS358, EIA e ISO, respectivamente.

Aunque la codificacion para todos los signos es diferente en ambos codigos, los dos utilizan elmismo sistema de control de paridad. Esto significa que una de las 8 pistas que hay a disposicion se emplea como pista de paridad. Este canal o se perfora o no se perfora, de tal modo que la suma total de agujeros en cualquiera de las hileras es par o impar. Si se emplea el canal de paridad para completar la suma total de agujeros en una hilera transversal hasta completar un numero par, el codigo recibe la denominacion de "paridad recta", si se utiliza el canal de paridad para completar la hilera transversal hasta un numero impar de agujeros, el codigo se denomina "paridad impar".

Esta sistema de paridad se emplea para controlar posibles errores del modo de trabajo del perforador o del lector de

cinta. Si el lector esta, por ejemplo, conectado a paridad impar y lee en una hilera transversal 4 agujeros, se para y aparecen en la pantalla el mensaje 'READ ERROR'. (error de lectura).

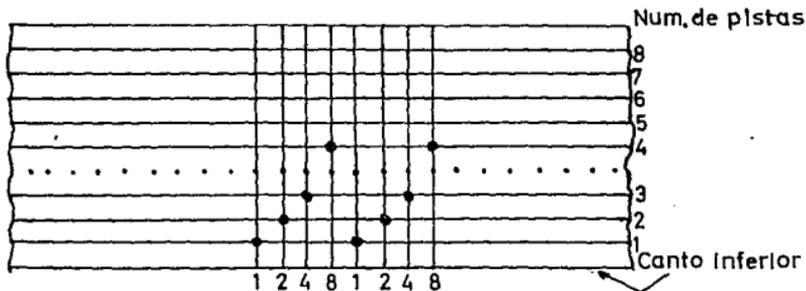
En la norma RS244(EIA) se emplea la paridad impar, siendo el canal de paridad la pista 5. En la norma RS-358 (ISO) se emplea la paridad recta, y el canal de paridad es el num. 8.

### LOS CODIGOS DE PERFORACION

#### CODIGO DE CINTA PERFORADA EIA-RS-244

En el codigo de cinta perforada RS-244 se emplea la paridad impar, por lo que la pista 5 representa el canal de paridad.

En este sistema se numeran las 8 pistas partiendo del canto inferior de la cinta perforada. Los valores de cifras 1,2,4 y 8 se asignan a las pistas 1, 2, 3 y 4 (Vease figura A2)



Por lo tanto, son aplicables las siguiente condiciones: Una hilera transversal con un:

Agujero en pista 1 significa la cifra 1;

Agujero en pista 2 significa la cifra 2;

Agujero en pista 3 significa la cifra 4;

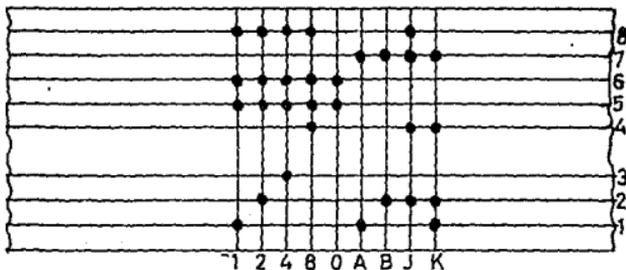
Agujero en pista 4 significa la cifra 8;

El numero total de las cifras de 1 a 9 se obtiene mediante la combinacion (adicion) de los valores de cifras arriba mencionados. La cifra cero se representa por el agujero en pista 6.

#### CODIGO DE CINTA PERFORADA RS-358-ISO

En el codigo de cinta perforada RS-358, se emplea la paridad recta, siendo la pista de paridad la num 8.

En este sistema se enumeran las 8 pistas partiendo del canto inferior de la cinta perforada. Los valores de cifras 1, 2, 4 y 8 se asignan a las pistas 1, 2, 3 y 4, como se representa a continuacion:



Son aplicables las siguientes condiciones para las cifras:  
Una hilera transversal con un:

Agujero en pista 1 significa cifra 1;

Agujero en pista 2 significa cifra 2;

Agujero en pista 3 significa cifra 4;

Agujero en pista 4 significa cifra 8;

Ningun agujero en pista 1,2,3,4, significa el cero.

La codificacion en el RS-358 se lleva a cabo de modo diferente que en el el RS-244. Esto significa que se perforan mas pistas para representar las cifras de cero a 9. Estos agujeros se a;aden en las pistas 5 y 6, asi como en la 8 (paridad). Las pistas 5 y 6 se emplean para distinguir entre letras y cifras.

## GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS EN CONTROL NUMERICO

**ACELERACION O DECELERACION AUTOMATICA:** característica de ciertos sistemas de control que permite una aceleración y deceleración constante en los movimientos de la máquina.

**ACUMULADOR:** Memoria de trabajo en el bloque de cálculo de un calculador, en el que se efectúan las operaciones aritméticas.

**ACTION:** Lenguaje de programación para el contorneado bidimensional elegido por Numerical Control and Computing Services, USA, puede ser tratado en la computadora IBM 360/30 con una capacidad de 64 K Bites.

**ADAPT:** Lenguaje de programación derivado del APT para el contorneado bidimensional. Puede ser tratado en computadora con capacidad entre 32 y 64 K Bites.

**ANALOGICO:** Una magnitud variable se llama analógica cuando puede ser representada por una magnitud física, cuyo valor es proporcional al de la variable. Las magnitudes analógicas pueden variar en una forma continua. Por ejemplo, la representación de un desplazamiento por una tensión eléctrica, constituye una representación analógica. Diversos captadores de posición utilizados en control numérico son de funcionamiento analógico.

**APT:** Lenguaje de programación de piezas universal que permite la programación en contorneado hasta cinco ejes. Ha sido creado por el

M.I.T.

El sistema APT esta basado en la descripcion geometrica de la pieza y el calculo de la posicion de la herramienta. No incluye el calculo de las variables tecnologicas. El Lenguaje comprende un vocabulario de unas 300 palabras y requiere para su tratamiento una computadora de 256 K. Bytes. La administracion y la responsabilidad para la utilizacion y perfeccionamiento del APT recae sobre ITT Research Institute, USA.

AUTOMAP: Lenguaje de programacion para tornos de control numerico que permite la programacion de contorneado en dos dimensiones. Ha sido creado por IBM, y es un derivado del APT, con un vocabulario de cerca de 50 palabras.

AUTOPIT: Lenguaje de programacion para tornos de control numerico creado por Pittler e IBM.

AUTOPOL: Lenguaje de programacion para tornos creado por IBM en Alemania, en colaboracion con un grupo de fabricantes de tornos.

ALTOPROB: Lenguaje de programacion de piezas creado por el Instituto Vuoso de Praga.

ALTOSPOT: Lenguaje de programacion de piezas para trabajo de punto a punto y paraxial, creado por IBM.

ALTDIE: Lenguaje de programacion creado por OLIVETTI CN, disenado especialmente para facilitar la programacion de matrices y moldes,

es decir la producción con CN de una pieza única.

**BINARIO. CODIGO:** Característica de una condición para la que no existe más que una alternativa, por ejemplo, sí o no, dos valores y que no puede ser afectada más que por cada uno de esos dos valores.

La numeración binaria es un sistema de numeración de base 2 que no utiliza más que dos cifras: 0 y 1. El peso de cada posición binaria de derecha e izquierda, es el valor de la potencia de 2 correspondiente a cada posición.

**BIT:** Abreviatura de la expresión "BINARY DIGIT", como tal, el dígito binario es la unidad mínima de información que puede representarse físicamente en una máquina o en un soporte.

**BLOQUE:** En lenguaje de programación de control numérico, se llama bloque al conjunto de instrucciones necesarias para definir una operación.

**BYTE:** Unidad de información A) Secuencia de bits operados como una unidad. B) Conjunto de ocho bits tomados como una unidad. En este caso recibe la denominación castellano de octeto.

**CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS:** Dispositivo que efectúa el cambio automático de herramientas a partir de instrucciones de la cinta y que aparece asociado a un almacén de herramientas en el cual estas son identificadas por su posición en dicho almacén o por un código ligado a las mismas.

**CAPACIDAD DE MEMORIA:** Límite máximo de la cantidad de información

contenida en un soporte determiando, entendiendo como tal una memoria central, una memoria auxiliar, un soporte de dispositivo periferico o una zona registro o bloque de una de ellas.

**CAPTADOR DE POSICION:** Captador se llama a todo aparato destinado a la medicion de una magnitud fisica. Captador de posicion en un sentido estricto es un aparato capaz de medir la posicion real de un organo movil.

**CARACTER:** Un signo elemental que puede combinarse con otros para expresar una informacion.

**CENTRO DE MAQUINADO:** Maquina controlada numericamente, que puede realizar una gran variedad de operaciones sobre una pieza, con un minimo de colocaciones de la misma. Suele incluir el control en 3 ejes lineales y, tambien un control segun un eje giratorio con cambio automatico de las herramientas.

**CERO FLOTANTE:** Una maquina dispone de cero flotante cuando el origen de coordenadas puede situarse en cualquier punto dentro de los cursos de la maquina.

**CIELO FIJO:** Cielo de operaciones que puede ser desarrollado automaticamente a partir de una instruccion de funcion preparatoria en la cinta. Los cielos fijos especifican por los codigos G-31 a G-84.

**CINTA MAGNETICA:** Soporte de informacion constituido por una banda

de plastico o metal recubierta con material magnetico.

**CINTA PERFORADA:** Soorte de informacion consistente en una banda de papel o material plastico que contiene una informacion codificada en forma de agujeros. La banda perforada normal tiene 24.4 mm de ancho y una capacidad para ocho pistas de perforaciones, para el codigo, mas una fila continua de agujeros de arrastre.

**CIRCUITO INTEGRADO:** Circuito microelectronico de diversos elementos (diodos, transistores, etc) incorporados sobre un cristal de silicio.

**CNC:** Abreviatura de Computer Numerical Control. Unidad de CN con calculador integrado que permite mayor capacidad respecto a los CN tradicionales. Por ejemplo, Autotest de averias.

**CODIFICACION:** Traduccion de las informaciones del maquinado en palabras clave (codigos) con sentido especifico para la maquina (ejemplo G84 = roseado).

**CODIGO:** Sistema de senales o caracteres, v las reglas para su interpretacion.

**CODIGO EIA:**Codigo normalizado para los sistemas de Control Numerico propuesto por U.S Electronic Industries Association, en su norma RS-244. Utiliza banda de papel de ocho pistas, de 25.4 mm de ancho. El numero de perforaciones de un caracter es siempre par.

**COLUMNA:** Cada una de las alineaciones verticales de una tarjeta

perforada que representa un caracter.

**COMPARADOR:** Dispositivo que compara la posición teórica deseada y, en el caso de que ambas sean distintas, produce una "señal de error"

**CONTROL NUMÉRICO:** Control de una máquina-herramienta a partir de informaciones numéricas codificadas. La introducción de información se puede hacer bien por conmutadoras decimales, por ficha codificada o por cinta perforada o magnética.

**CONVERTIDOR:** Dispositivo que recibe información en una forma determinada y la traduce a otras formas. En los sistemas de control, numérico, los convertidores más importantes son los que traducen información digital en analógica y viceversa.

**CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL:** Aparato que transforma señales de entrada analógicas en señales de salida digitales.

**CORRECCIÓN DE HERRAMIENTA:** Desplazamiento de la trayectoria de la herramienta, introducido manualmente por el operador de una máquina con CN y que sirve para compensar diferencias entre los radios o longitudes de las herramientas programadas y las realmente utilizadas.

**DIGITAL:** Un sistema es digital cuando utiliza números, magnitudes o señales discretas. La introducción de información de Control Numérico se lleva a cabo siempre en forma digital.

**DIRECCIÓN:** Posición de una determinada información en una memoria o en soporte.

**DISTANCIA DE SEGURIDAD:** Distancia entre pieza y herramientas correspondientes a final del movimiento rapido de aproximacion.

**EJECUCION:** Se dice que una aplicacion o un programa se halla en fase de ejecucion, cuando se esta procesando de forma normal un conjunto de datos coherentes para esta aplicacion.

**EXAPT:** Sistemas de programacion de maquinas con CN por computadora desarrollado en Alemania. Resuelve no solo el tratamiento geometrico del maquinado sino tambien el tratamiento tecnologico.

**FINAL DE PROGRAMA:** Una funcion auxiliar que indica la terminacion de la pieza. Detiene el husillo, corta el refrigerante y detiene el avance, una vez completadas todas las ordenes contenidas en el bloque.

**FUNCIONES AUXILIARES:** Funciones de la maquina tales como parada de husillo, rotacion de husillo, refrigerante, programa stop, etc. La codificacion de funciones auxiliares ha sido recogida en la Recomendacion ISO R 1056.

**FUNCIONES DE PREPARATORIAS:** Funciones que determinan el modo de funcionamiento de la maquina en cada bloque. Funciones preparatorias tipicas son: interpolacion lineal o circular, correccion de herramienta, aceleracion o deceleracion, llamada de ciclos fijos, etc. Estas funciones se definen en general, por la letra G seguida de un codigo de dos cifras. Las funciones

preparatorias estan normalizadas y recogidas en la Recomendacion ISO 1056.

**FUNCION DE SALTO DE BLOQUE:** Funcion que permite a un sistema de control ignorar un bloque de informacion. Esta funcion se representa por un signo que precede al bloque que debe ser ignorado.

**HARDWARE:** Elementos materiales que constituyen una maquina de tratamiento de informacion o equipo de control.

**HUSILLO DE BOLAS:** Husillo con circulacion de bolas entre los hilos de tuerca y husillo. Utilizando en accionamientos de avance de maquinas con Control Numerico.

**IMAGEN ESPEJO:** Probabilidad de ciertos equipos de control de invertir los signos de las coordenadas programadas por medio de un conmutador, permitiendo el maquinado de piezas simetricas con un mismo programa.

**INDUCTOSYN:** Transductor analogico que opera usando el fenomeno electromagnetico, desarrollando por la Farrand Corporation, construyendose por diversas firmas con licencia. Alcanza precisiones de  $+ 1\frac{1}{4}$  (micra).

**INCREMENTAL:** Se refiere a un sistema de acotacion, programacion o medida, basado en que cada posicion es definida, programada o medida a partir de la posicion precedente.

**INTERPOLACION:** Calculo de puntos intermedios de una recta o curva a partir de posiciones extremas.

**INTERPOLADOR:** Calculador especial en que las maquinas con Control Numerico calcula los puntos de la trayectoria de la herramienta y la velocidad de desplazamiento a partir de una definicion de la trayectoria y de los puntos extremos de la misma. La interpolacion puede ser lineal, circular o parabolica.

**LENGUAJE:** Juego de instrucciones codificadas en forma adecuada para programar las operaciones en maquinas con CN.

**MEDIDA DIRECTA:** Un sistema es de medida directa cuando el captador de posicion va montado directamente sobre el organo movil.

**MEDIDA INDIRECTA:** Un sistema es de medida indirecta cuando el captador de posicion va montado sobre el organo de accionamiento tal como el husillo.

**ORIGEN MAQUINA:** Punto origen del sistema de coordenadas de la maquina.

**ORIGEN PIEZA:** Punto de origen del sistema de coordenadas de la pieza.

**PODER RESOLUTIVO:** El interynio mas pequeno entre dos detalles discretos adyacentes, que pueden todavia distinguirse entre si.

**PRECISION :** Concordancia entre el valor programado y el valor real.

**RESOLUCION:** Se define como resolucion de un sistema de medida el mas pequeno incremento que es capaz de discernir.

**SENAL DE ERROR:** Senal dada por un servomecanismo para indicar una

diferencia entre las senales de entrada y la de retroalimentacion.

**SISTEMA ABSOLUTO:** Sistema de Control Numerico en el cual todas las dimensiones de posicion estan con referencia a un punto de origen comun.

A P E N D I C E

2

## FUNCIONES MACRO

Una función que cubre un grupo de instrucciones puede ser almacenada en la memoria a manera de subprograma, la función almacenada es representada por una instrucción, así que solamente la instrucción representativa necesita ser especificada al ejecutar la función. Este grupo de instrucciones registradas es llamada cuerpo del macro (custom macro body) y la instrucción del macro es llamada como comando de llamada al macro.

los 3 puntos más significantes en el macro son:

- las variables pueden ser usadas en la forma de macro.
- las operaciones pueden ser realizadas con variables, y
- los valores actuales pueden ser asignados en variables, instrucciones del macro.

## CUERPO DEL MACRO

en el cuerpo del macro el cnc comanda por medio de variables al sistema.

el cuerpo del macro comienza desde el programa no. Pxxxx y termina hasta m.99.

-----	
: O O O N :	programa no.
: G65 H01 :	comando para calcular
: G90 G00 X #101 :	comando del cnc usando variables.
: :	
: M99 :	fin del macro
-----	

## VARIABLES

en vez de colocar un numero directamente en alguna direccion en el macro, una variable puede ser especificada para hacer el macro mas flexible y versatil. Las variables son identificadas una de otra por el numero de la variable.

### a) Como expresar las variables:

Las variables son expresadas por el numero de la variable anteponiendo el simbolo # como se muestra a continuacion:

# i (i=1, 2, 3, 4, .....)

ejemplo: #5, #109, #1005

### 2) Como citar las variables:

Las variables se citan utilizando numeros y direcciones, por ejemplo:

"F #103" Indica que F15 fue comandada cuando #103 =15

"Z - #110" Indica que Z-250 fue comandada cuando #110=250

"G#130" Indica que G3 fue comandada cuando #103=3

NOTA: Las variables no pueden ser citadas en la direccion O y N .  
ninguna O#100 O N#120 pueden ser programadas .

### 3) COMO VISUALIZAR Y COLOCAR EL VALOR DE UNA VARIABLE:

Es posible visualizar el valor de una variable en la pantalla del panel de control y se introduce por medio de la tecla MDI.

#### CLASES DE VARIABLES:

Las variables estan clasificadas de acuerdo a los numeros de las mismas y sus aplicaciones y caracteres difieren unas de otras.

#### 1) VARIABLES COMUNES: #100 A #149 Y #500 A #531

Las variables comunes #100 a #149 son anuladas cuando se apaga la maquina y se colocan en on cuando se enciende nuevamente la misma. Las variables #500 a #531, permanecen con sus valores, aun apagando la maquina.

#### 2) VARIABLES DEL SISTEMA:

Las variables del sistema son definidas como aquellas en las cuales

A) VALORES DE COMPENSACION DE LAS HERRAMIENTAS #1 A #99 , #2000 A #2200.

Los valores de compensacion pueden ser conocidos por la lectura de una variable del sistema #1 a #99 y estos valores pueden ser cambiados. Entre estas variables, la que no se utilize puede ser utilizada como variable comun.

Las variables #2001 a #220 corresponden a valores de compensacion de herramienta. La variable #2000 siempre es igual a 0.

# INSTRUCCION MACRO (G65)

B

## FORMA GENERAL:

- M: Indica la funcion macro del 01 a 99
- #i Nombre de la variable en la cual es almacenado el resultado aritmetico.
- #j Nombre de la variable 1 ( Una constante tambien puede ser utilizada).
- #K Nombre de la variable 2 , (Una constante tambien puede ser utilizada).

## SIGNIFICADO:

#i #j #K

Operador (Especificado por HM )

## EJEMPLO:

```
P# 100   G#101 R# 102.
# 100=   # 101   #102.

P# 100   G# 101 R 15.
# 100=   # 100   15.

P# 100   G - 100 R#102.
# 100=   - 100  #102.

P# 100   G120 R-50.
# 100=   120  -50.

P# 100   G-# 101 R#102.
# 100=   -# 101 #102.
```

Nota: En los valores de las variables no se debe utilizar punto decimal. Por lo tanto el significado de cada valor es el mismo que se asigno sin punto decimal cuando se cito una direccion de la siguiente forma:

$$\# 100 = 10$$

$$X\#100 = 0.01MM \text{ (INTRODUCCION METRICA).}$$

Los angulos deben ser expresados en grados y el minimo incremento es 1/1000 Grados.

EJEMPLO: 100...0.1a

+                    TABLA DE INSTRUCCIONES MACRO                    +

CODIGO B	CODIGO H	F U N C I O N	DEFINICION
G65	H 01	DEFINICION Y SUSTITUCION	#i = #j
"	H 02	S U M A	#i = #j + #K
"	H 03	R E S T A	#i = #j - #K
"	H 04	P R O D U C T O	#i = #j X #K
"	H 05	D I V I S I O N	#i = #j / #K
"	H 11	SUMA LOGICA	#i = #j.OR.#K
"	H 12	PRODUCTO LOGICO	#i = #j.AND.#K
"	H 13	OR EXCLUSIVO	#i = #j.XOR.#K
"	H 21	RAIZ CUADRADA	#i = #j
"	H 22	VALOR ABSOLUTO	#i =   #j
"	H 22	VALOR ABSOLUTO	#i =   #j
"	H 23	RESTO	#i = #j - TRUNC   (#j/#K)X #K

\* TRUNC: Descarta fracciones menores de 1.

CODIGO B	CODIGO H	F U N C I O N	DEFINICION
G65	H 24	CONVERSION DE BCD A BINARIO	$i = \text{NIN}(j)$
"	H 25	CONVERSION DE BINARIO A BCD	$i = \text{BCD}(j)$
"	H 26	COMB. MULTIPLICACION/DIVISION	$i = (j \times k) / k$
"	H 27	COMBINACION DE RAIZ CUADRADA 1	$i = j + k$
"	H 28	COMB. DE RAIZ CUADRADA 2	$i = j - k$
"	H 31	SENO	$i = j. \text{SEN } k$ (UNIDAD: GRADOS)
"	H 32	COSENO	$i = j. \text{COS } k$
"	H 33	TANGENTE	$i = j. \text{TAN } k$
"	H 34	ARCOTANGENTE	$i = \text{ATAN}(j/k)$
"	H 80	DIVERGENCIA INCONDICIONAL	GO TO N *N: NUMERO DE SECUENCIA.
"	H 81	DIVERGENCIA CONDICIONAL 1	IF $j = k$ , GO TO N
"	H 82	DIVERGENCIA CONDICIONAL 2	IF $j / k$ , GO TO N
"	H 83	DIVERGENCIA CONDICIONAL 3	IF $k > j$ , GO TO N
"	H 84	DIVERGENCIA CONDICIONAL 4	IF $j < k$ , GO TO N
"	H 85	DIVERGENCIA CONDICIONAL 5	IF $j = k$ , GO TO N
"	H 86	DIVERGENCIA CONDICIONAL 6	IF $j = k$ , GO TO N
"	H 99	P/S ALARMA (OCURRE)	OCURRE UNA ALARMA NUMERO 500 + n

Nota: En las funciones trigonometricas el angulo debe ser expresado en grados, y su minimo incremento es de 1/1000.

Si algunos de los valores G o R no es especificado en las funciones aritmeticas se considera un valor de 0 .

↑ NOTAS DEL MACRO ↑

1) Como introducir # :

Cuando la tecla (/ # EOB) es oprimida despues de la direccion G, X, Y, Z, R, I, J, K, F, H, M, S, T, o Q la clave # es introducida.

2) Es posible dar una instruccion Macro por medio del MDI.

3) Las direcciones H, P, Q, y R deben ser siempre escritas despues de G65, las direcciones O y N solamente se pueden escribir antes de G65.

4) BLOCK PARTICULAR (SINGLE BLOCK)

Generalmente un block en el macro no para si la tecla SINGLE BLOCK esta accionada. Sin embargo colocando el parametro SBKM NO. 0011 es posible hacerlo efectivo.

5) Cuando un macro es almacenado o cargado a una impressora en el Codigo EIA , La clave " & " es utilizado como "#", porque no hay clave # en el codigo EIA .

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MACRO

Como se observo en el ejemplo anterior es muy importante que al utilizar el macro se tenga un conocimiento amplio al respecto, ya que de no ser asi, se corre el riesgo de un error en la programacion en consecuencia , perdida de tiempo y herramientas. En conclusion, las ventajas que aporta el Macro al programador son:

- Una variable puede ser utilizada las veces necesarias

Es decir, una variable que ha sido colocada bajo un valor determinado, se puede llamar en el programa un numero indeterminado de ocasiones tan solo colocando el numero de variable que le corresponde.

- Se pueden realizar operaciones aritmeticas, trigonometricas con las variables.
- Se logran trayectorias que son imposibles con las instrucciones convencionales, estas trayectorias pueden ser ademas incrementadas con el uso de instrucciones normales.

## DESVENTAJAS

- El desconocer la trayectoria de la herramienta por parte del programador, produce choques severos de esta contra la pieza a maquinar.

- Son subprogramas difciles de entender y desarrollar
- Los programadores generalmente desconocen parte de las instrucciones para el Macro, debido a su alto nivel analitico.

Por todo lo anterior es conveniente usar el Macro solo en condiciones necesarias a una produccion limitada, ya que se alterarian muy poco si no es que nada los valores de las variables. Sin en cambio en una produccion grande es necesario corregir valores, por lo cual un simple error por parte del operador provocaria algun desperdicio.

REALIZACION DEL PROGRAMA UTILIZANDO EL MACRO.

X0, Y0 : Valor de las coordenadas X, Y en el punto de referencia  
r : Radio  
a: Angulo inicial  
n: Numero de barrenos.

Se usaran las siguientes variables:

# 500 : Valor de la coordenada X0  
# 501 : Valor de la coordenada Y0  
# 502 : Radio (r).  
# 503 : Angulo inicial (a)  
# 504 : Numero de barrenos (n).  
  
# 100 : Contador  
# 101 : Ultimo valor del contador.  
# 102 : Angulo del barreno i-th  
# 103 : Valor de la coordenada Xi en el i-th barreno  
# 104 : Valor de la coordenada Yi en el i-th barreno.

EL PROGRAMA ES COMO SIGUE:

0001

N100            G65            H01            P#100            Q0

( i = 0 )

G65

H22

P#101

Q#504

( ie = !n! )

N200	G65	H04	P#102	Q#100	R#60000
		H05	P#102	Q#102	R#504
	G65	H02	P#102	Q#503	R#102
			$( D_i = a + \frac{360 \cdot XI}{n} )$		
	G65	H32	P#103	Q#502	R#102
	G65	H02	P#104	Q#501	R#104
			$( X = X + RCOS ( D_i ) )$		
	G65	H31	P#104	Q#502	R#102
	G65	H02	P#104	Q#501	R#104
			$( y = y + r \cdot \sin ( D_i ) )$		
	G70	G00	X#103	y#104	
			( Posicion en el barreno 1 )		
	G65	H02	P#100	Q#100	R1
			$( i = i + 1 )$		
	G65	H84	N200	Q#100	R#101

M99.

El programa para colocar valores a las variables y llamar al macro es el siguiente:

00010

G65	H01	P#500	Q 100000
		$( X = 100 \text{ mm } )$	
G65	H01	P#501	Q - 200000
		$( y = 200 \text{ mm } )$	

G65 H01 P#502 0 100000

( r = 100 mm )

G65 H01 P#503 0 200000

( a = 20 )

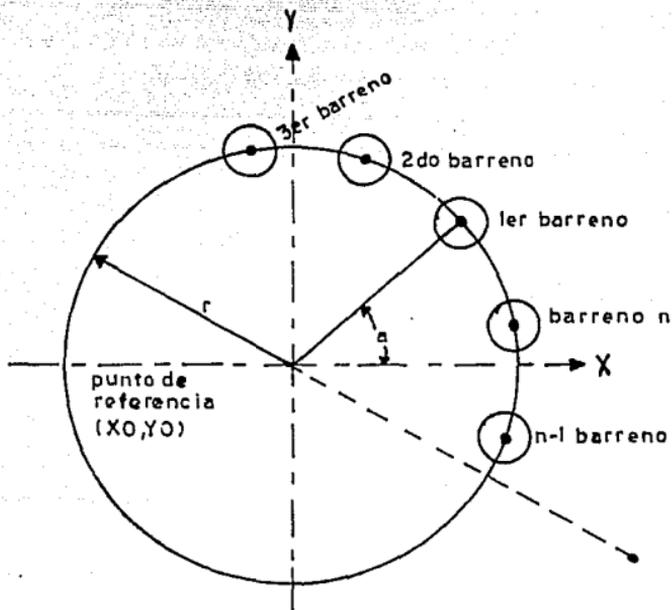
G65 H01 P#504 0 12

( n = 12, sentido contra reloj )

M98 P0001.

### EJEMPLO DE UTILIZACION DEL MACRO

Colocar el punto de referencia  $(X_0, Y_0)$ , al centro de una placa circular de radio  $r$ , barrenar  $n$  igualmente seaparados sobre la placa, colocando el primer barreno a un angulo  $a$  medido sobre el eje X.



## CONCLUSIONES.

DESPUES DE ANALIZAR EL TRABAJO NOTAREMOS MUY CLARO, LA GRAN VENTAJA QUE ESTAS MAQUINAS REPRESENTAN PARA LA MANUFACTURA DE PIEZAS DE TODAS LAS FORMAS Y TAMANOS, ES PRECISO DECIR QUE UN PROBLEMA LATENTE ES LA FALTA DE PERSONAL CAPACITADO PARA LA PROGRAMACION DE ESTE TIPO DE MAQUINAS, QUE SI BIEN ES SENCILLO REPRESENTA UN RETO PARA EL PROGRAMADOR, CON LO CUAL ES PRECISO CONOCER POR LO MENOS LOS PRINCIPALES PRINCIPIOS MATEMATICOS.

ASI RESULTA QUE EL PROGRAMADOR ES GENERALMENTE HABILITADO COMO OPERADOR PERO CON UN GRAVE PROBLEMA ; EL PROGRAMADOR GENERALMENTE ES UN INGENIERO CUANDO EL OPERADOR ES HABIL SE PRESTA A TOMAR EL MANDO DE LA MAQUINA PERO SIEMPRE RESPALDADO POR EL INGENIERO ESTO CUESTA MUCHO A LAS EMPRESAS POR QUE LOS INGENIEROS SE NIEGAN A SER OPERADORES, LO ANTERIOR DEBIDO A QUE CONSIDERAN QUE SON ACTIVIDADES EXTRAS, O BIEN NO APTAS PARA ELLOS, ASI LOS PROBLEMAS NO SE HACEN ESPERAR.

VISTAS LAS COSAS DESDE UN PUNTO DE VISTA PATRONAL NO ES MUY AGRADABLE PODER ACEPTAR QUE SON MUY POCAS LAS PERSONAS APTAS Y LAS QUE LO SON NO TIENEN LA MENDOR IDEA DE PERMANECER POR "ABAJO" DE LAS ACTIVIDADES QUE SUS ESTUDIOS LE OTORGAN, ES PUES DIFICIL PODER ENCONTRAR AL PERSONAL CORRECTO Y SOBRE TODO DISPONIBLE PARA ESTOS TRABAJOS.

HABLANDO DE OTRAS COSAS, NOTAMOS TAMBIEN QUE TODO EL PERSONAL DE LA EMPRESA QUE ADQUIERA UNA MAQUINA CON CNC, DEBE ESTAR CONCIENTE DEL CAMBIO TAN RADICAL AL CUAL SE SOMETEN TODOS LOS DEPARTAMENTOS DE PRODUCCION, (PLANEACION, CONTROL DE CALIDAD, INGENIERIA, ETC.), Y DEBEN SER CAPACES DE SOBRELLEVAR LAS SITUACIONES POSTERIORES A LA INICIACION DEL PROYECTO, PORQUE ES DIFICIL LOGRAR UNA PLANEACION EXACTA. ES CLARO QUE LA CAPACITACION DE PERSONAL REPRESENTA UN PUNTO QUE INICIALMENTE SE DEBE ATACAR Y PODER MANTENER UN CONSTANTE FLUJO DE INFORMACION POR TODOS LOS DEPARTAMENTOS DE LOS AVANCES QUE SE HAN LOGRADO CON LAS NUEVAS ADQUISICIONES.

B I B L I O G R A F I A :

- ALIQUÉ LOPEZ J. RAMON  
CONTROL NUMÉRICO  
ED. MARCOMBO  
BARCELO, ESPAÑA
  
- GIDDINGS & LEWIS  
QUE ES EL CONTROL NUMÉRICO?  
EDITADO POR GIDDINGS & LEWIS  
FOND DU LAC INC..  
WISCONSIN USA 1982
  
- GOON GARY T.  
VERSALITY OF NUMERICALLY CONTROLLED EQUIPMENT  
ED ASTME TECHNICAL PAPER  
U.S.A. 1969
  
- RITTER WILLIAM M.  
CONVENTIONAL VERSUS  
NC MACHINES  
ED. ASTME TECHNICAL PAPER  
U.S.A. 1969
  
- SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS  
TOOL AND MANUFACTURING ENGINEERS HANDBOOK  
ED. MC. GRAW HILL  
N.Y. U.S.A. 1974.

JUAN GONZALEZ NUNEZ

EL CONTROL NUMERICO EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS.

EDICION: C E C S A

MEXICO, 1990.

F A N U C

OPERATOR'S MANUAL

SERIES O - MC OOMC

FANUC LTD. JAPON, 1990.