

15
20/10/89



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ ARAGON ”

**PROGRAMACION DE CONTROL NUMERICO
COMPUTARIZADO EN LOS CENTROS DE TORNEADO**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

FALLA DE ORIGEN

Presenta:

JUAN B. LOPEZ MOLINA

México, D.F. 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CONTENIDO

	Página
OBJETIVO	6
INTRODUCCION:	7
CAPITULO I. NOCIONES DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.	
I.1.- Que es control numérico computarizado.	12
I.2.- Historia y desarrollo.	15
CAPITULO II. IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA CON CONTROL NUMERICO.	
II.1.- Selección de la máquina.	25
II.2.- Ventajas y desventajas de este tipo de equipo.	33
II.3.- Estrategia de implantación.	47
II.4.- Etapa preliminar.	49
II.5.- Organización y administración.	57
CAPITULO III. PROGRAMACION.	
III.1.-Partes básicas del sistema.	60
III.2.-Conceptos básicos para la programación	77
III.3.-Codificación de la programación.	95
III.4.-Diagrama de flujo de la información para la programación.	185
III.5.-Compensaciones en la Programación	195
CAPITULO IV. PROGRAMACION MANUAL APLICADA A UN CENTRO DE TORNEADO MAZAK M-5.	
IV.1.- Operación de la máquina.	233
IV.2.- Instrucciones generales de seguridad.	237
IV.3.- Ejemplos de Programas.	243
CONCLUSIONES	273
APENDICE "A"	275
GLOSARIO	279
BIBLIOGRAFIA	285

OBJETIVO DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene por objeto dar a conocer el origen y principios básicos del control numérico, los aspectos que éste considera para comprender mejor la programación de las máquinas que poseen dicho control, así como dar a conocer la existencia de los tipos de controles y máquinas en uso actualmente en nuestro país.

Por otro lado, y adicional a lo antes mencionado, un objetivo igualmente importante de este trabajo es proporcionar a las futuras generaciones de Ingeniería de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón", el material que facilite o permita al profesional egresado, enfrentarse en el campo de trabajo, con esta tecnología tan avanzada que ya se encuentra en nuestro país. El panorama que se presenta es desde la etapa de justificación hasta la operación y control administrativo que optimice el buen funcionamiento de este tipo de máquinas. De esta forma se espera contribuir a subsanar las insuficiencias de información técnica en esta área y elevar el nivel de conocimientos de aplicación industrial, de los alumnos; de esta manera se trata de contribuir en alguna forma, auxiliando a los profesores y alumnos de esta escuela.

INTRODUCCION

Durante las últimas décadas el mundo ha sufrido una serie de cambios en todos los niveles que componen su sociedad. Estos cambios surgieron debido a una serie de necesidades, las cuales pedían una satisfacción en el menor tiempo posible. La mayoría de estas necesidades fueron resultado de eventos muy importantes como la Segunda Guerra Mundial, el incremento incontrolado de la población, causando una explosión demográfica considerable, la escasez de productos de consumo inmediato, la falta de capacidad de las industrias para producir equipos o elementos que posteriormente serían usados para obtener materias primas básicas, y así un sinnúmero de razones las cuales motivaron al hombre a realizar nuevos diseños, nuevos materiales, nuevas normas y reglas, como consecuencia, también nuevas tecnologías.

Es indiscutible que la industria manufacturera entra en esta serie de fenómenos que se presentaron, y por tanto su tecnología ha sufrido muchos cambios en corto plazo. Esto ha provocado un desajuste o desconcierto en las personas que están dentro de ella, debido a que durante el período de tiempo que ellas toman para actualizar una técnica o proceso e inclusive un equipo, surge uno completamente nuevo que lo obsoleta.

En el caso de nuestro país, la situación es aún más grave, debido a los siguientes factores:

- 1.- Nuestro país sufre una dependencia tecnológica debido a falta de medios de desarrollo.
- 2.- La información tecnológica tarda en ser recibida, así milada y aceptada.
- 3.- Debido a una falta de preparación y previsión, el industrial no desarrolla una técnica actualizada de los nuevos métodos, y al presentarse la oportunidad de desarrollar alguno de ellos, los desecha por miedo a algo desconocido.

Esto genera comentarios como el siguiente: "Esto no es aplicable en México", etc., tratando de esconder -- una inseguridad provocada por la ignorancia, por la falta de agresividad emprendedora y la proyección hacia el futuro.

Por tanto, existe la imperiosa necesidad de que el empresario o industrial, más aún, el encargado de conducir el funcionamiento de una empresa, empiece a conocer y valorar nuevos métodos de producción con los cuales obtenga mejores resultados, utilidades y a su vez pueda satis-

facер los requerimientos que el mercado está solicitando.

Dentro de la Industria de la Manufactura de partes metálicas o Industria Metalmeccánica, se presentan los problemas antes mencionados. El desarrollo de otras industrias como la Petroquímica, Metalúrgica, Automotriz, Electrónica, Plástica, Aeroespacial, Alimenticia, etc., - han generado diferentes necesidades a satisfacer y entre las cuales podemos mencionar algunas:

- a).- La elaboración de partes terminadas en un menor tiempo y a un mínimo costo.
- b).- Mayor libertad en el diseño del producto a fabricar.
- c).- Mayor exactitud y confiabilidad en el proceso.
- d).- Mayor flexibilidad en el proceso de elaboración.
- e).- Mejor aprovechamiento del factor humano a falta de mano de obra calificada.
- f).- Mayor productividad.
- g).- Eliminar al máximo el desperdicio.

Como respuesta a lo anterior, se han desarrollado técnicas que buscan satisfacer el mayor número de necesidades.

Así podemos encontrar que en el campo de la industria Metalmeccánica, se cuenta con un sistema de automatización, el cual cumple con la mayoría de las necesidades mencionadas, y este sistema se ha denominado con el nombre de Control Numérico Computarizado, también llamado -- usualmente Control Numérico.

El Control Numérico aplicado a las máquinas herramientas, también conocido con la abreviatura CNC (del inglés Computer Numerical Control), consiste en integrar a una máquina, mecanismos que respondan a instrucciones programadas en un minicomputador.

CAPITULO I

NOCIONES DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

1.1.- QUE ES CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

El control numérico es un método de controlar los movimientos de los componentes de una máquina usando números. En control numérico se puede controlar el movimiento de una cabeza cortante con la información binaria contenida en una cinta.

En este tipo de control, se convierten los valores numéricos simbólicos en valores físicos ya sea dimensiones o cantidades, por medio de señales eléctricas o de otro tipo, que se traducen en un movimiento lineal o circular. Estas señales son: digitales (pulsos) o bien analógicas (tensiones variables en el tiempo).

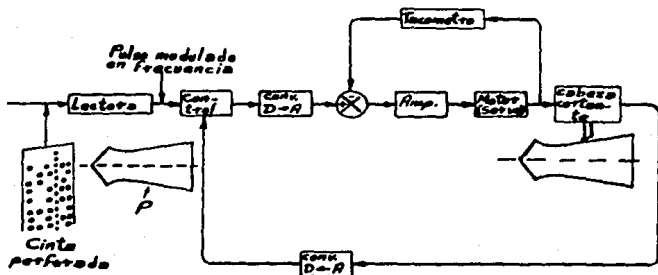


FIG. I.1

El sistema que se muestra en la figura I.1 funciona del siguiente modo se prepara una cinta en la que en forma binaria se representa la pieza deseada P. Para poner en marcha el sistema, se alimenta la cinta a la unidad lectora, luego se compara el pulso de señal de entrada modulado en frecuencia con el pulso de señal de realimentación. El convertidor digital a analógico convierte el pulso en una señal analógica que representa cierta magnitud de tensión, la que a su vez, hace girar el servomotor. De acuerdo con la entrada al servomotor, se controla la posición de la cabeza cortante. El transductor acoplado a la cabeza cortante convierte el movimiento en una señal eléctrica, que a su vez en el convertidor analógico a digital es transformada en una señal de pulsos. El elemento de control efectúa operaciones matemáticas sobre la diferencia en las señales de pulsos. Si hay cualquier diferencia entre ambas, se envía una señal al servomotor, para reducirla.

Una ventaja del control numérico es que se pueden producir partes complejas con tolerancias uniformes, a la máxima velocidad de trabajo.

Si al sistema de control numérico antes descrito, se le integra un pequeño microprocesador capaz de al

macenar información el sistema se vuelve más eficiente y se dice que se computariza. Por tal razón, se conoce como Control Numérico Computarizado.

Cuando el control numérico es computarizado, se puede programar de tal forma que se pueda realizar un ciclo repetitivo sin que se esté alimentando la información con la cinta, pues el computador almacena la información y sólo se llama esta de la memoria para repetir el ciclo.

1.2 HISTORIA Y DESARROLLO DEL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

En el principio de los años treinta la industria de la manufactura no contaba con la ayuda de las computadoras y tampoco del control numérico. Las máquinas herramientas eran en su totalidad manualmente operadas, -- aún hoy en día existen bastantes máquinas de este tipo, y los individuos que las operan son sumamente hábiles.

Cuando sólo existían las máquinas de operación manual, el proceso en general es el siguiente: El diseñador proyecta el producto, la gente de producción estudia el diseño, selecciona la herramienta y posteriormente -- máquina la componente, se inspecciona si así se requiere; se ensambla e inspecciona nuevamente.

El proceso era, y aún donde se tienen máquinas manuales es regularmente lento por la variación existente en la operación manual. Como consecuencia las desviaciones en las medidas son muy difíciles de controlar, a su vez, implica más tiempo de inspección. Sin embargo este sistema dió muy buenos resultados por mucho tiempo. Actualmente el proceso mencionado es sustituido parcialmente

en máquinas automáticas.

La edad de la industria moderna era aproximadamente de 175 años en 1945, cuando un hecho de gran significado tuvo lugar en la Escuela de Ingeniería "Moore", de la Universidad de Pensilvania en Philadelphia, E.U., cuando dos jóvenes investigadores, el Dr. John W. Mauchly y el Dr. J. Presper Eckerst, crearon la primera computadora digital electrónica con fines prácticos.

Esta fue llamada ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), la cual era sumamente básica y difícil de programar, sin embargo fue el inicio de una de las más poderosas herramientas con las que cuenta la humanidad. 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, necesitados durante la segunda guerra mundial, sin imaginar el impacto que tendría la realización de este proyecto en la última mitad del siglo.

La Segunda Guerra Mundial, causó impacto en otras áreas: la industria de la aviación, que alcanzó un alto

grado de diseño y sofisticación generando una gran demanda de refacciones a satisfacer por la tecnología de manufactura existente.

En ese sentido el nacimiento del Control Numérico se debió a la necesidad de satisfacer los requerimientos de una pequeña compañía dedicada a fabricar partes para la Industria Aeronáutica. La Parsons Corporation, localizada en el Estado de Michigan, en E.U., obtuvo como -- uno de sus primeros contratos el fabricar las aspas de -- los rotores para helicópteros. Este trabajo exigía una gran precisión en el contorno de las piezas a procesar, por tanto el Sr. John Parsons, dueño de la empresa y su asociado el Sr. Frank Stulen, se habían enterado de los avances desarrollados por los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial, utilizando máquinas perforadoras de -- tarjetas, empleadas comúnmente en trabajos de contabilidad. Decidieron usar esta idea para verificar los contornos de las aspas. Así pudieron generar tablas donde se encontraban tabuladas todas las coordenadas del contorno.

Posteriormente Parsons y Stulen procedieron a probar su teoría, fabricando calibradores patrón para medir los contornos de los diferentes tipos de aspas, ha--

ciendo 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, quien debería 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. En Abril de 1948, Parsons analizó algunos dibujos del 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 podfa aplicarse en dos ejes de movimiento, también podrfia ser utilizado para generar puntos en tres ejes. - Esta idea fue apoyada por la Base Aérea de Wright-Patterson y su grupo de tecnología quien lo promovfo dentro de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos; para Junio de -- 1949, se trabajaba ya en el proyecto.

En Octubre de 1949 se asignó al laboratorio de -- Servomecanismos del Instituto Tecnológico de Massachu-- setts (MIT), el proyecto para diseñar los servomecanismos para la máquina herramienta que se utilizarfa en el proyecto y al mismo tiempo el MIT trabajaba en el diseño de la compu-

tadora 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 herramienta fue hecho público en noviembre de 1954.

De esta forma algunos de los fabricantes de máquinas herramienta se interesaron en la idea y empezaron a - producir equipos dotados de Control Numérico. Así encontramos que en la Exposición de Máquinas Herramienta, presentada en Chicago en 1955, sólo pocos fabricantes exponían equipos de Control Numérico.

En 1958 se crea otro concepto dentro de la industria al producir la compañía Kearney & Trecker, el primer "Centro de maquinado" disponible a nivel comercial. La

máquina era el modelo "Milwaukee-Matic", y tenía la capacidad de fresar, barrenar, mandrinar y machuelar. En la exposición de 1960, ya encontramos 156 máquinas diferentes equipadas con Control Numérico y 48 sistemas de control disponibles a la venta.

La industria europea, tardó más en aceptar el concepto control numérico y es en 1959, cuando aparecen las máquinas con este control, en la exposición europea de máquinas herramientas presentada en París. Posteriormente en 1963, en la exposición presentada en Milán, existen 120 máquinas equipadas con control numérico.

De esta forma el concepto NC, se ha desarrollado en una forma vertiginosa, apoyado también en el desarrollo de la tecnología de las computadoras, las cuales forman parte del mismo concepto y ahora son usadas como auxiliares en la producción de programas y la revisión de los mismos.

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 han ido creciendo en forma

paralela entre sí, y la tendencia existente nos hace pensar en sistemas cada vez más completos y con mayores capacidades. De esta forma se puede hablar de diferentes etapas de control numérico, aplicado a las máquinas herramientas.

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.

La segunda etapa comprende un período de desarrollo y perfeccionamiento de los sistemas utilizados hasta el momento, obteniéndose como resultado el llamado Control Numérico 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 micro circuitos 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 del diseño y la manufactura. Esto es el preámbulo de una tercera -- etapa que es la que nos tocará desarrollar en este final de siglo.

Algunos de los responsables de este rápido desarrollo ha sido la tecnología japonesa, que el grado que ha alcanzado en el campo de la microelectrónica ha sido muy alto, y esto es reflejado en su producción de máquinas de control numérico, que durante los últimos cinco años -- ha sobrepasado por mucho el volumen obtenido por otros -- países fabricantes de máquinas herramientas de control numérico como Alemania y E.U. principalmente.

1.2.1 PANORAMA ACTUAL EN MEXICO

El panorama actual que presenta el uso de máquinas de control numérico en México, es muy favorable, por que cada día existen más empresas que deciden actualizar su tecnología tradicional por el uso de este nuevo concepto. Así también, encontramos empresas con una considerable experiencia en este tipo de máquinas, como es el caso de "FAMA" Fabricación de Máquinas, S.A. en la ciu-

dad de Monterrey, N.L., que cuenta con más de ochenta - máquinas equipadas de control numérico; Barreras de México que cuenta con más de quince entre centros de maquinado y centros de torneado, también se tienen empresas de menor tamaño que tienen 6 u 8 máquinas, otras tienen una, dos, etc., como inicio de un proyecto de expansión y actualización.

Este desarrollo fue motivado desde hace aproximadamente unos trece años por las siguientes circunstancias:

- 1.- El auge industrial provocado por la necesidad de producir todos los equipos e implementos que principalmente la industria del Petróleo, Vidrio, Automotriz y otras han demandado en la suficiente cantidad y calidad.
- 2.- La falta cada vez más grande de mano de obra calificada para operar máquinas de tipo manual.

Por tanto, este tipo de tecnología presenta un panorama interesante a la Industria Metalmeccánica mexicana, - que le puede permitir un desarrollo muy importante en sus métodos de producción.

CAPITULO II

**IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA
CON CONTROL NUMERICO**

II.1 SELECCION DE LA MAQUINARIA

La selección del equipo o maquinaria, es una de las tareas más importantes en cualquier proyecto, por tanto se debe tener especial atención al respecto. En un proyecto de adquisición de maquinaria de control numérico el grado de dificultad es mayor, porque los factores que intervienen son numerosos y afectarán notablemente el resultado final, que será una buena elección, por tanto es recomendable el formar un comité, el cual estará formado por personas de los departamentos de ingeniería de manufactura, control de producción, ingeniería de herramientas e ingeniería industrial, los cuales estarán posteriormente muy involucrados en la operación de la maquinaria.

La función del comité es seleccionar la maquinaria adecuada para satisfacer las necesidades de la compañía en cuanto a volumen y capacidad de producción, calidad, precio, servicio, tiempo de entrega, funcionalidad, etc.

El primer paso para elegir una máquina es determinar los productos que se manufacturarán en las máquinas y el tamaño de los lotes de producción.

En base a estos datos podemos determinar el tipo -

y cantidad de máquinas que debemos considerar, así como - las características básicas que deberán contener.

El segundo paso será el elaborar un cuadro comparativo en el cual se resuman todas las características de las máquinas a considerar:

- 1.- Marca de la máquina
- 2.- Modelo de la máquina
- 3.- Características físicas de la máquina
 - a).- Potencia
 - b).- Capacidad de trabajo
 - c).- Número de herramientas
 - d).- Rangos de velocidad
 - e).- Rangos de avances
 - f).- Espacio ocupado, etc.
- 4.- Marca del control
- 5.- Modelo del control
- 6.- Características del control.
 - a).- Capacidad de memoria
 - b).- Funciones que contiene
 - c).- Interfases, etc.
- 7.- Precio del equipo estándar
- 8.- Opciones y accesorios
- 9.- Precio de opciones

el cual es desarrollado a base de un formato especial.

Sin embargo es muy importante el determinar, si el trabajo a realizar es realizable en máquinas de control - numérico o dentro de qué tipo de proceso o maquinaria lo podemos ubicar.

Para ejemplificar este método tomaremos la pieza - de la figura II.1, la cual contiene operaciones típicas de torneado como son careado (refrentado), barrenado, -- roscado, etc. Así mismo en la tabla II.1, encontraremos los valores comparativos de costos realizando el proceso en diferentes tipos de máquinas y considerando los siguientes costos:

- a).- Costo de Ingeniería
- b).- Costo de Herramental
- c).- Costo de preparación
- d).- Costo del proceso por lote

TABLA 11.1

VALORES COMPARATIVOS DE COSTOS DE PRODUCCION EN DIFERENTES MAQUINAS
DE LA BRIDA DE LA FIG. 11.1 EN JULIO DE 1987

1.- COSTO DE PRODUCCION EN TORNO PARALELO (Pesos)

L O T E	1	10	100	500	1000
Ingeniería (1 Hr. a \$ 3640.00)	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
Herramental y equipo	27 300	27 300	27 300	27 300	27 300
Preparación (2 Hr. a \$ 2180.00)	4 360	4 360	4 360	4 360	4 360
Costo Operación por lote (2180 X Pza.)	2 180	21 800	218 000	1 090 000	2 180 000
Costo total por lote	37 480	57 100	253 300	1 125 300	2 215 300
Costo Unitario	37 480,0	5 710,0	2 533,0	2 250,6	2 215,3

2.- COSTO DE PRODUCCION EN TORNO REVOLVER (Pesos)

L O T E	1	10	100	500	1000
Ingeniería (2 Hr. a \$ 3640.00)	7 280	7 280	7 280	7 280	7 280
Herramental y equipo	27 300	27 300	27 300	27 300	27 300
Preparación (4 Hr. a \$ 2180.00)	8 720	8 720	8 720	8 720	8 720
Costo Operación por lote (1450 X pza.)	1 450	14 500	145 000	725 000	1 450 000
Costo total de Operación	44 750	57 800	188 300	760 300	1 493 300
Costo Unitario	44 750,0	5 780,0	1 883,0	1 536,6	1 493,3

3.- COSTO DE PRODUCCION EN TORNO DE CONTROL NUMERICO (M-S) (pesos)

L O T E	1	10	100	500	1000
Ingeniería y Programación (7,5 Hr a \$3640)	27 300	27 300	27 300	27 300	27 300
Herramental y equipo	18 200	18 200	18 200	18 200	18 200
Preparación (1 Hr. a \$3640.00)	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
Costo Operación por lote (387,00 X pza)	387	3 870	38 700	193 500	387 000
Costo total por lote	49 527	53 010	87 840	242 640	436 140
Costo Unitario	49 527,0	5 301,0	878,4	485,28	436,14

4.- COSTO DE PRODUCCION EN TORNO AUTOMATICO (pesos)

L O T E	1	10	100	500	1000
Ingeniería (2,5 Hr. a \$3640.00)	9 100	9 100	9 100	9 100	9 100
Herramental y equipo	108 000	108 000	108 000	108 000	108 000
Preparación (8 Hr. a \$2710.00)	21 680	21 680	21 680	21 680	21 680
Costo Operación por lote (\$250.00 x pza)	250	2 500	25 000	125 000	250 000
Costo total de Operación	139 030	141 280	163 780	263 780	388 780
Costo Unitario	139 030,0	14 128,0	1 637,8	527,56	388,78

RESUMEN DEL COSTO UNITARIO POR TIPO DE MAQUINA (pesos)

Lote	1	10	100	500	1000
Torno paralelo	37 480,0	5 710,0	2 533,0	2 250,6	2 215,3
Torno Revolver	44 750,0	5 780,0	1 883,0	1 536,6	1 493,3
Torno Control Numérico	49 527,0	5 301,0	878,4	485,28	436,14
torno Automático	139 030,0	14 128,0	1 637,8	527,56	388,79

Analizando la tabla II.1 comentaremos lo siguiente:

Existen industrias que trabajan con inventarios de productos terminados, por tal razón es necesario establecer los lotes económicos más convenientes de cada parte, tenemos otras que trabajan sobre pedido, etc. en la práctica se encuentran varios sistemas de producción, incluso sistemas combinados.

Remitiéndonos nuevamente al resumen de costo de la tabla II.1, podemos observar que en la primera columna lo más conveniente es elegir un torno paralelo pues el costo de manufactura es menor a todos los demás costos.

Ahora analizando las tres columnas siguientes y -- comparando los costos correspondientes observamos que el costo más bajo, corresponde al torno de control numérico computarizado.

Sin embargo, en la quinta columna se observa que el costo más bajo es el del torno automático.

Hechas las anteriores observaciones podemos discer

II.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO

Desde el advenimiento del control numérico en los 50's, los Ingenieros y Administradores de las empresas - se han encontrado con la tarea de decidir cuándo es conveniente el uso de esta nueva tecnología o si es preferible el mantener los métodos convencionales de maquinado.

Una forma de tomar esta decisión es dando respuesta a las siguientes preguntas.

A).- Cuáles son las ventajas y desventajas del control numérico en comparación con los equipos convencionales.

B).- En dónde es aplicable la tecnología de control numérico en mis procesos de manufactura?

Para poder dar respuesta a estas preguntas es importante conocer que el principal objetivo de las máquinas de Control Numérico Computarizado no es diferente al objetivo de las máquinas convencionales: generar beneficios económicos.

II.2.1 VENTAJAS DEL PROCESO DE MANUFACTURA CON MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO

Las máquinas de control numérico tienen una serie de ventajas sobre las máquinas de tipo convencional. Estas ventajas son de tipo económico, administrativo, de ingeniería o tipo humano, pues el operador hace menos esfuerzo físico; las cuales nos servirán para realizar una justificación adecuada. A continuación se mencionarán las -- más importantes.

II.2.2 MEJOR NIVEL DE PLANEACION (VENTAJA)

Cuando máquinas convencionales son empleadas en operaciones de manufactura es común proporcionar al operador únicamente una descripción general de la secuencia de las operaciones. Esto implica que el operador tendrá que realizar una planeación más detallada de las condiciones de maquinado, velocidad y avances necesarios, forma de sujeción de la pieza, colocación de las herramientas sobre la máquina, geometría de la herramienta, número de cortes, -- etc. Sin embargo, todos estos factores están basados totalmente en la destreza o habilidad del operador, de él -- depende que los requerimientos de la pieza, la capacidad de la máquina y herramientas sean respetadas.

Debido a las características y capacidades de las máquinas de control numérico, la planeación puede realizarse con mayor anticipación por uno o más especialistas, los cuales conocen perfectamente las características y -- capacidades del equipo. Así encontramos que el programador de la máquina, realizará un programa en el cual se de termina la secuencia y número de cortes a realizar, las - condiciones de operación, como pueden ser los avances y - velocidades de corte e incluso la aplicación de refrigerante, puntos de inspección manual o compensaciones por - desgaste de herramienta.

El diseñador de herramienta preparará una lista - de las herramientas de corte y medición necesarias, diseñará elementos de sujeción como bridas y dispositivos especiales en caso de ser necesarios y designará la distribución de las herramientas en la máquina de acuerdo a la ruta más conveniente del proceso.

Este conjunto de datos e información se guardan en cintas quedando junto con diagramas y hojas de proceso en forma permanente y entendible para los trabajos subsecuentes, evitando la posibilidad de error de las posibles decisiones tomadas por el operador de la máquina.

II.2.3 REDUCCION DE MANO DE OBRA CALIFICADA

Trasladar las etapas de planeación y dirección de la operación a realizar, al programador, tiene como consecuencia inmediata que la operación con máquinas de control numérico, el operador no necesite la destreza física y de conocimientos profundos para realizar una operación complicada. Por tanto, es posible utilizar operadores - con menor habilidad, que reduce los costos de mano de obra directa.

II.2.4 MEJOR PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

La intervención del operador se reduce al mínimo - cuando dentro del proceso de manufactura, como en las máquinas de control numérico, las partes se fabrican de acuerdo a la forma preestablecida por el Departamento de Ingeniería de Manufactura y por tanto se fabricarán en la forma más económica y dentro de un tiempo mínimo.

Dentro del proceso se usarán las herramientas, soportes y condiciones especificadas para cada una de las piezas y esto tendrá como consecuencia que todas se realizarán en un mismo tiempo de operación constante fácilmente determinado.

Esto hace que los programas de producción planeados sean más exactos y tengan una mayor confiabilidad debido a que se podrá establecer más fácilmente los requerimientos netos de producción y el tiempo en que serán llevados a cabo.

II.2.5 REDUCCION DE TIEMPO CICLO DE PRODUCCION

Las máquinas de control numérico, además nos permiten optimizar los parámetros de corte en la operación, -- y también simplifican notablemente el tiempo de los movimientos de posicionamiento, cambio de herramienta, etc. - Si además consideramos la reducción en la fatiga física en el operador, podemos concluir en que el tiempo ciclo de producción es reducido en forma considerable.

II.2.6 MAYOR UTILIZACION DE LA MAQUINA

Generalmente las máquinas de control numérico tienen un alto costo unitario por hora, si las comparamos con máquinas convencionales, sin embargo, si combinamos los conceptos de flexibilidad, factores de productividad citados, la ausencia de fatiga en el operador, el bajo costo de mano de obra directa y la mínima intervención del operador en el proceso obtenemos como resultado una alta utilización del equipo.

11.2.7 REDUCCION EN EL CONSUMO Y COSTO DE HERRAMIENTAS

Las herramientas utilizadas en las máquinas de control numérico son en su mayoría las mismas que las que se usan en máquinas convencionales, sin embargo, debido a -- que las condiciones de trabajo en las máquinas de control numérico son establecidas con anticipación en el programa, no existe la posibilidad de llegar a exponer a la herramienta a condiciones desfavorables con riesgo de dañarla. Esto implica que necesitaremos un menor servicio de mantenimiento de las mismas, una seguridad de que se está trabajando en buenas condiciones con un máximo rendimiento - y reduciremos nuestro inventario de herramientas en forma considerable, tanto en cantidad como en variedad.

11.2.8 REPETIBILIDAD Y EXACTITUD

Debido a su diseño y al alto grado de modernización en sus sistemas la máquina de Control Numérico puede trabajar con una mayor eficiencia en la exactitud de dimensiones. Los elementos de la máquina tienen una mayor rigidez que las convencionales, el sistema de medición - retroalimentado usado en la mayoría de las máquinas nos permite un mayor control en las dimensiones de los movi-

mientos de la máquina durante el proceso. Generalmente debido a sus sistemas de conducción a base de servomecanismos se puede llegar a una exactitud de 0.0002".

Pero la ventaja es que la herramienta se mueve automáticamente al punto exacto donde el programa lo indique, eliminando así el error probable que podemos encontrar en una operación manual.

II.2.9 REDUCCION DEL ESPACIO UTILIZADO

Debido a la posibilidad de realizar o conjuntar varias operaciones en una sola, o procesar varias piezas en una máquina simultáneamente, y por el diseño propio de la máquina, es factible emplear un número menor de máquinas reduciendo de esta forma el espacio utilizado.

II.2.10 REDUCCION DEL TIEMPO DE PREPARACION

Las máquinas de control numérico poseen torretas y estaciones de herramientas en las cuales pueden instalarse hasta 72 herramientas diferentes, en algunas aún más, además poseen mesas adicionales a la de trabajo, lo que permite que el operador pueda montar una pieza durante el tiempo que otra está procesándose y no -

necesita hacer ningún cambio de herramienta, por lo cual se reduce el tiempo de montaje de la pieza, así como el mismo de las herramientas.

II.2.11 REDUCCION DE MOVIMIENTO DE MATERIALES

Como se ha señalado anteriormente, las máquinas de control numérico tienen la facilidad o capacidad de terminar una pieza en menos operaciones que en una máquina convencional. En consecuencia el tiempo requerido en flujo de materiales se reduce debido a la reducción del número de operaciones.

Esto significa menos trabajo de supervisión, menos operaciones de preparación de herramientas y máquina, menos tiempo de inspección, menos operaciones de transporte y menos tiempo de proceso.

II.2.12 REDUCCION DE COSTOS DE INSPECCION ENSAMBLE Y DESECHOS

Debido a la exactitud y repetibilidad que se puede obtener en el proceso, el tiempo y número de inspecciones necesarias es minimizado. Así también, esto facilita las labores en el ensamble del producto, ya que simplifica y elimina las operaciones de ajuste necesarias -

cuando no existe exactitud. Y como resultado de lo anterior tendremos un número menor de piezas de desecho.

II.2.13 NIVEL DE INVENTARIOS REDUCIDO

El Control Numérico en las máquinas herramientas - puede crear ahorros en los requerimientos de material en almacén, un menor inventario físico, un pequeño inventario de piezas en proceso, ahorro en trabajo, bajos puntos de reorden y pequeños lotes económicos.

Revisaremos cada uno de los elementos básicos que componen un inventario, los cuales son:

- 1.- Punto de reorden (ROP).
- 2.- Lote económico de fabricación (EOQ).
- 3.- Grado de terminado (total o parcial).
- 4.- Decisiones de comprar o fabricar.

II.2.13.1 PUNTOS DE REORDEN (ROP)

Están basados en el tiempo de espera o tiempo de reacción (lead time). Si el flujo de trabajo de una máquina a la siguiente no puede llevarse a cabo, el trabajo queda atrasado, lo cual incrementa el almacenamiento de piezas en proceso. Esto indica que el tiempo de espera o el tiempo de respuesta se alargue y necesitaremos un --

ROP alto en nuestro sistema de control de inventarios. - En una situación como ésta el control numérico computarizado nos ayuda a disminuir nuestros puntos de reorden en diferentes formas:

- El control numérico es rápido y repetitivo; el mismo trabajo puede ser terminado en dos meses en lugar de cuatro meses en máquinas convencionales, lo cual disminuye el tiempo de espera.

- El nivel de requerimientos o el número de piezas en las órdenes de trabajo puede ser menor, lo que mejora el tiempo de respuesta y nos da por resultado una reducción notable en el punto de reorden.

En partes, que raramente son fabricadas, es más económico almacenar la cinta o programa que tener piezas almacenadas para cubrir un pedido.

II.2.13.2 LOTE ECONOMICO DE FABRICACION (EOQ)

Las pocas preparaciones, la reducción de tiempo en montaje y desmontaje, menor tiempo de proceso, menor tiempo de máquina, la eliminación o minimización del tiempo de almacenamiento en proceso nos pueden producir un lote

económico de fabricación (EOQ) mínimo, lo cual nos permite obtener una máxima utilización del taller y disminuir nuestra inversión en materia prima.

En comparación, las máquinas convencionales tienen que producir un número elevado de piezas para poder compensar los altos costos de preparación y montaje y por tanto la inversión es mayor.

II.2.13.2 GRADO DE TERMINADOS

Con máquinas de Control Numérico computarizado no tendremos que esperar mucho en tener producto terminado. Debido a las capacidades de producción y a su poco tiempo de respuesta podremos disminuir nuestros inventarios de piezas en proceso y nuestros inventarios físicos.

II.2.13.4 DECISION DE COMPRAR O FABRICAR

En el momento en que la capacidad de la planta está saturada y tenemos que decidir en fabricar o comprar una nueva pieza que necesitamos, con máquinas convencionales las opciones son limitadas y, debido a que la capacidad de la planta es un punto ambiguo o relativo, podemos exponernos al tiempo de entrega que nos de el provee-

dor de la pieza. Esto puede provocar un alto tiempo de -
 espera, un lote económico grande y por tanto mayor inver-
 sión de capital. La flexibilidad y gran tiempo de res-
 puesta de una máquina de Control Numérico Computarizado
 nos da un punto de saturación más flexible. Además - -
 ahorramos la ganancia del proveedor y obtenemos una liqui-
 dez económica que nos permite la fabricación de pequeños
 lotes.

II.2.14 SEGURIDAD PARA EL OPERADOR

La especialización de la planeación de todos los -
 detalles en la operación, del montaje y diseño de las he-
 rramientas de corte y sujeción, así como la operación de
 la máquina contribuyen a la seguridad del operador duran-
 te el proceso, pues el operador no está expuesto a ningú-
 na operación o medición en lugares peligrosos pasando la
 responsabilidad de la operación del obrero al Departamen-
 to de Manufactura, el primero tiene mayor tiempo para --
 concentrarse en el trabajo que está realizando.

Es importante mencionar que también existen dife-
 rentes desventajas que se deben considerar cuando se uti-
 liza este tipo de maquinaria y proceso. Podemos mencio-
 nar algunas de ellas:

- Mayor nivel de planeación y preparación a nivel ingeniería.
- Mayor capital de inversión.
- Mayor capacitación en mantenimiento.
- Mayor exactitud en el herramental y dispositivos.
- Mayor soporte de los departamentos involucrados.

La asimilación y entendimiento del concepto no sólo por los departamentos de manufactura o producción sino por todas las áreas de la empresa, ayudarán a que el sistema funcione aportando buenos resultados.

Como es común, en cualquier área de la industria, investigación o utilización de cualquier método, se tienen algunos inconvenientes o desventajas. De los mencionados anteriormente, el de mayor preocupación es el de -- "mantenimiento", dado que en el país, no se ha desarrollado la fabricación de circuitos integrados necesarios para sustituir los que han sido dañados o terminó su vida útil del microcomputador.

Sin embargo, dando otro enfoque a este problema, - existe el campo abierto para desarrollar diseño y fabricación de los elementos necesarios que satisfagan las necesidades que demanda esta área de la industria, y que en - un momento determinado solucionaría el problema de la dependencia tecnológica en esta rama.

Dado que en el mercado nacional, es difícil encontrar algunas partes como circuitos, elementos tan importantes en el mantenimiento de cualquier equipo que funcione con microprocesadores, esto a su vez abre la posibilidad para la investigación de áreas como la electrónica, - rama de la ingeniería que sí se enfoca a la solución de - este tipo de problemas, sin duda alguna llevará una trayectoria ascendente en beneficio de la industria, en sus diversas áreas en las cuales se encuentra involucrado el Control Numérico Computarizado.

II.3 ESTRATEGIA DE IMPLANTACION

La decisión de invertir en un sistema de manufactura con base en máquinas de control numérico es muy importante para cualquier compañía u organización, debido a que involucra una inversión significativa de un presupuesto -- que es indudablemente limitado. Además, para obtener un máximo beneficio de este nuevo sistema deberán efectuarse algunos cambios en los procedimientos convencionales de -- operación y administración.

Debido al significado de la decisión; es importante dar consideración adecuada a todos los aspectos involucrados antes de tomar una solución definitiva. Esto es necesario para que todos los beneficios esperados se cumplan y no ocurran sorpresas desagradables.

Esta sección tiene como objetivo el resaltar los puntos más importantes que se deben considerar al establecer la estrategia de implantación de un sistema de manufactura con control numérico, tomando en cuenta las etapas -- desde planeación, justificación, selección, e incluso preveer algunos factores necesarios para el buen funcionamiento del sistema deseado.

Para cualquier proyecto o estudio es necesario el definir la secuencia con que se realizarán los eventos, - toma de decisiones, metas intermedias, personas involucradas, etc., que nos llevarán a la obtención de la meta final, la realización del proyecto o la conclusión del estudio. A todo esto lo definiremos como "La Estrategia".

Para la implantación de un sistema de manufactura a base de máquinas de control numérico, la estrategia deberá de contener los siguientes puntos básicos:

- 1.- Evaluación y selección del equipo o maquinaria que realizará el grupo, de acuerdo a las necesidades del caso.
- 2.- Justificación conceptual y económica. Analizada en el subcapítulo II.1 y II.2.
- 3.- Etapa preliminar a la llegada del equipo. Discutida en el subcapítulo II.4.
- 4.- Organización y administración. Analizada en el subcapítulo II.5.

II.4 ETAPA PRELIMINAR

Una vez que la máquina de control numérico ha sido justificada y ordenada existe una gran tentación de detener todo y esperar a que sea entregada en la planta. Esta tentación es muy perjudicial y debemos evitarla lo más que sea posible.

El sistema de control numérico demanda una enorme cantidad de preparación y soporte que se inicia con las etapas de selección y justificación, y continúa en la etapa de preproducción la cual determinará que tan rápido la máquina entrará en "función" o producción y esto tendrá un impacto determinante en el éxito o fracaso del proyecto.

En este período la empresa se prepara para aceptar la máquina y hacer uso de ella, por tanto las actividades durante este lapso requieren una gran cantidad de trabajo que en algunas ocasiones es subestimado debido a que anteriormente en las máquinas convencionales no es necesario, por lo menos a ese nivel.

Las actividades que propiamente preparan el arranque e instalación de máquinas de control numérico computa

rizado pueden dividirse en la siguiente forma:

- 1.- Actividades de preinstalación.
- 2.- Selección de las partes a manufacturar.
- 3.- Programación.
- 4.- Actividades de soporte.
- 5.- Preparación del mantenimiento.
- 6.- Coordinación y planeación.

II.4.1 ACTIVIDADES DE PREINSTALACION

La selección y entrenamiento del grupo de personas que estarán involucradas deberá ser el primer punto a resolver o probablemente será una actividad continua durante toda esta etapa.

También es necesario definir:

- a).- Localización en el Lay-Out.
- b).- Preparación para la cimentación.
- c).- Provisión de servicios como electricidad, aire, agua, etc.
- d).- Provisión de equipo para el manejo de materia-

les, como grúas, polipastos, transportadores, etc. esto debe ser considerado para cada una de las máquinas.

- e).- Provisión de otro tipo de servicios como ventilación o aire acondicionado, cuando se requiera.

II.4.2 SELECCION DE LAS PARTES

Las partes han sido parcialmente seleccionadas para dar soporte a la justificación económica, sin embargo se deberá revisar esta selección de tal forma que se obtenga una mayor utilización del equipo así como un programa de producción preliminar.

Por otro lado, debe establecerse la carga de trabajo para cada máquina y deberán redimensionarse las partes de tal forma que se obtenga una programación lo más sencilla y rápida posible. Este redimensionamiento no es obligatorio pero sí conveniente.

Existen algunas partes que por su configuración no es posible manufacturarse en determinada máquina, o bien no es conveniente por su tamaño, por tal razón se deben seleccionar las partes que se manufacturarán en cada equipo sin descuidar un factor tan importante como lo es la -

istribución balanceada de la carga de trabajo.

II.4.3 PROGRAMACION

Los programas necesarios para las primeras piezas - a producir deberán ser realizados poco tiempo antes de que la máquina llegue.

Por tanto, será necesario el que los programadores estén capacitados con la suficiente anticipación. Así como también deberá de tenerse listo el equipo de perforación - de cintas y principios de programación, etc.

El adiestramiento de los programadores debe ser - impartido por personal representante de la firma que distribuye el equipo, esto con el claro objetivo de que los programadores adquieran los conocimientos particulares -- del equipo, pues aunque la programación manual sigue los mismos principios básicos, existen equipos con caracterís ticas específicas de codificación y movimientos.

Por otro lado, los equipos con control numérico - computarizado cuentan con algunos programas de diagnóstico, que se cargan al computador en diferentes formas. - Es conveniente que la instrucción sea impartida por per-

sonal autorizado de la firma representante o distribuidora.

II.4.4 ACTIVIDADES DE SOPORTE

Para poder arrancar una máquina herramienta de -- cualquier tipo, es menester contar con herramientas apropiadas de acuerdo con el diseño de las partes a producir y en concordancia con el diseño propio de la máquina. -- Así también debe contarse con dispositivos y elementos de sujeción, elementos de medición, etc.

Otro aspecto importante es el desarrollar un programa de producción basado en los estudios de estándares elaborados por el departamento de Ingeniería Industrial y establecer un sistema de costos en base a estos estándares particulares.

Dentro de la selección de herramientas, es recomendable realizar estudios prácticos y económicos, con el -- fin de adquirir las herramientas con el mejor rendimiento, dadas las características de los materiales que se requieren en la manufactura de los productos.

II.4.5 PREPARACION DEL MANTENIMIENTO

El personal de mantenimiento deberá ser seleccionado, capacitado y asignado antes de la llegada de la máquina. Deberá tener participación en la instalación del equipo en conjunto con el técnico que la firma o distribuidor asigna.

Se debe desarrollar un plan de mantenimiento preventivo tal que incluirá un calendario para cada máquina así como una lista de chequeo completa.

Este punto tan importante para el buen funcionamiento y conservación de un equipo, presenta una desventaja en lo concerniente a repuestos electrónicos que hasta este momento son importados, sin embargo, este problema - tan grave desde un punto de vista, también representa una alternativa, o mejor dicho abre un campo de acción más, - para los profesionistas de la rama electrónica y comunicaciones, que pueden buscar sustituir los repuestos electrónicos por otros desarrollados localmente.

II.4.6 COORDINACION Y PLANEACION

Una importante, pero no específica, actividad en la implementación del programa para control numérico, es

la coordinación de todas las actividades relacionadas para la obtención del éxito en el proyecto.

Todas las actividades mencionadas deberán programarse asignándose fechas, revisando avances y evaluando - en su caso, ésto deberá planearse para satisfacer las de mandas de una futura expansión.

Un programa educacional requerirá impartirse por - ingeniería al personal técnico, así mismo al personal administrativo para familiarizarlo con el proceso, y de esta forma obtener los mejores resultados.

Una forma adecuada para coordinar esta etapa, es - la elaboración de un diagrama de "Ruta Crítica", en el - cual se indiquen todas las actividades a realizar, su secuencia y las fechas de inicio y terminación. Así se podrán revisar los avances con relativa facilidad, y sabre mos de inmediato en cuáles debemos poner mayor énfasis -- para cumplir con el programa establecido.

11.4.6.1 RUTA CRITICA

Una vez aprobado el proyecto de la compra de una o varias máquinas de control numérico, es necesario planear las actividades a realizar a partir de ese momento, con el fin de contar con la cimentación, instalación eléctrica, -

II.5 ORGANIZACION Y ADMINSTRACION

Cualquier instalación de máquinas de control numérico grande o pequeña, deberá enfrentarse al problema de la organización y administración de la información requerida. Aún cuando existen variantes, podemos definir un sistema que sirva para eliminar el mayor número de problemas y sea lo menos complicado posible, ya que la información mencionada se manejará con mucha frecuencia.

Un sistema sumamente sencillo es el que se basa en reunir la información en un "folder" por cada programa -- elaborado. La información que deberá contener será:

- 1.- Dibujo de materia prima.
- 2.- Dibujo de maquinado.
- 3.- Dimensiones absolutas de la pieza.
- 4.- Memoria de cálculo.
- 5.- Hoja de secuencia de procesos.
- 6.- Hoja de preparación.
- 7.- Escrito del programa indicando:
 - Número de programa
 - Número de la parte
 - Fecha de elaboración
 - Nombre de la parte
 - Número de operación

- Programador

Esta información será exclusiva para el uso de los programadores, y cuando sea requerida este tipo de información en producción deberán usarse copias que los programadores emitirán.

Se recomienda tener dos cintas perforadas, una deberá utilizarse como "cinta maestra" la cual debe permanecer en el archivo de la oficina, y la segunda cinta será la que se emplee en producción o sea en la línea.

La cinta además de la información que contiene en sus perforaciones, debe tener una etiqueta como encabezado que contenga los siguientes datos:

- 1.- Número de cinta o programa.
- 2.- Número de la parte.
- 3.- Máquina y operación.
- 4.- Nombre de la parte.
- 5.- Iniciales o nombre del programador y fecha.

Es importante resaltar que en control numérico la planeación y la dirección de la operación, debe coordinarla y supervisarla una persona con conocimientos ingenieriles.

CAPITULO III
PROGRAMACION

III.1 PARTES BASICAS DEL SISTEMA

Como se mencionó anteriormente, el control numérico es el sistema con el cual podemos controlar los movimientos y principales funciones de la máquina herramienta por medio de un control electrónico y de una serie de códigos especiales, los cuales nos sirven como lenguaje de comunicación entre el sistema y el programador.

Por tanto podemos distinguir cuatro elementos importantes del sistema:

- 1.- Máquina
- 2.- Control
- 3.- Fuente de entrada de datos
- 4.- Retroalimentador

La fuente de entrada proporciona los datos al control, el cual después de procesarlos, los convertirá en señales que accionarán las partes móviles de la máquina. Sin embargo, es necesaria una forma de retroalimentación con la cual el control verifique que las instrucciones dadas fueron realizadas por la máquina. Por tanto, podemos considerar dos tipos básicos de sistema:

A).- Sistema de lazo abierto: Este sistema en el cual no existe retroalimentación al control y lo encontramos en los primeros modelos de máquinas de control numérico.

B).- Sistema de lazo cerrado: Es aquel en el que el control recibe retroalimentación por medio de unidades colocadas en las partes móviles de la máquina o en los -- husillos y motores que los mueven, de los cuales forman parte los servomotores.

Por medio de este sistema de retroalimentación la unidad de control puede conocer la posición real de la máquina en ese instante.

Para comprender mejor el funcionamiento de un sistema de Control Numérico, analizaremos a continuación cada uno de los elementos que lo componen.

II.1.1 LA MAQUINA

La tecnología en su avance origina mejoras en -- su desarrollo, y provoca cambios significativos en el medio que es más adecuado. Por ejemplo, éste es el caso del au tomóvil, el cual ha provocado un cambio considerable en el diseño y

construcción de carreteras en la forma de planear o trazar una ciudad, etc.

En el caso de control numérico, encontramos algunos cambios en el diseño, construcción y uso de la máquina herramienta, sin embargo, es importante considerar que los -- principios de operación siguen siendo los mismos. El barre-- nado se sigue realizando con brocas, aunque se tienen nue-- vos diseños con más frecuencia, no hay cambios radicales en las herramientas de fresado, la función de una herramienta para tornearse es la misma si se monta sobre una máquina con Control Numérico o en una convencional. Sin embargo, el -- qué tan rápido y eficiente esta herramienta es posicionada para efectuar las operaciones es una diferencia sobresaliente de una máquina a otra.

El impacto de la máquina de control numérico se basa en la gran velocidad y eficiencia con la que lleva la -- herramienta a la posición de corte y en que facilita el -- mejor uso de las capacidades disponibles en la máquina, -- aún cuando queda en manos e iniciativa del programador y del operador.

Desde el momento en que se creó la primera máquina de con--

control numérico al integrar un control a una fresadora convencional el concepto ha ido madurando y ha provocado tomar en consideración los siguientes criterios para el diseño de la máquina.

a).- Una máquina de control numérico eficientemente programada usa un gran porcentaje del tiempo removiendo o cortando metal u otro material que se esté trabajando, esto hace que el tiempo no productivo de posicionamiento se reduzca notablemente; además las partes de la máquina (engranes, guías, motores, husillos, etc.) están expuestas a un mayor desgaste, debiendo compensarse lo anterior con un programa eficiente de mantenimiento.

b).- La máquina herramienta tradicional fue diseñada para facilitar al operador el obtener una máxima eficiencia de su tiempo, en la máquina de control numérico el papel y la función del operador ha sido modificada notablemente, por lo tanto el diseño de la máquina de control numérico no sigue la misma construcción que la máquina convencional.

c).- Debido al uso de una unidad electrónica de control y todos sus accesorios necesarios para su funcionamiento, el costo de una máquina de control numérico ha aumentado sustancialmente y la inversión necesaria es ma-

yor. Por tanto, existe la tendencia de mantener la máquina en operación el mayor tiempo posible durante el período de trabajo, por lo general se trata de utilizar este tipo de máquinas durante tres períodos de trabajo por día.

- El resultado de estas consideraciones ha generado tres etapas principales en el desarrollo y diseño de las máquinas de control numérico, son las siguientes:

III.1.1.1 Las máquinas herramientas han sido rediseñadas especialmente para la operación de control numérico: Un ejemplo puede ser el torno revólver que está construido sobre una bancada horizontal la cual sostiene una torreta en la que se montan todas las herramientas.

En la mayoría de los tornos de control numérico -- y de mediano tamaño, el tipo de bancada utilizada actualmente es la de tipo inclinada (Slant), la cual permite tener una mayor distancia en el ancho de la bancada produciendo una mayor rigidez en la máquina, así también permite un mejor acceso a las herramientas y un mayor flujo de la viruta al recipiente destinado a ésta o al transportador que la sacará de la máquina (Chip Conveyor).

III.1.1.2 El diseño de las máquinas de control numérico ha sido orientado con la finalidad de obtener la mayor - cantidad de operaciones en un solo montaje. Esto ha provocado el desarrollo y diseño de sistemas de cambio de -- herramientas automáticos, almacenadores de herramientas múltiples, mesas indexables, etc., los cuales reditúan - una serie de beneficios y permiten realizar un mayor número de operaciones en un menor tiempo.

III.1.1.3 El Centro de Maquinado.- Como resultado de lo mencionado en el inciso anterior, se ha creado un nuevo ti po de máquina en la cual se pueden combinar operaciones - de fresado, barrenado, mandrinado, machueleado, etc., y se ha denominado centro de maquinado. Posee la facilidad de poder seleccionar la herramienta a utilizar de un carru sel de herramientas y colocarla automáticamente en el husi llo. Este carrusel de herramientas tiene una capacidad - de 12, 24, 48, 60 y 72 herramientas diferentes.

La mayoría de los centros de maquinado están pro-- vistos de una mesa indexadora que permite maquinar la pie za por cualesquiera de sus lados, permitiendo con esto la posibilidad de maquinarla en un solo montaje.

Existe la posibilidad de tener dos o más mesas de

trabajo proporcionando la facilidad de montar la pieza a procesar en la mesa que no está siendo empleada en ese momento por la máquina, la cual disminuye notablemente el tiempo de montaje en una forma casi total, ya que al terminar la pieza que se está maquinando, la máquina automáticamente intercambia las mesas en un tiempo mínimo, e inmediatamente ejecuta nuevamente el ciclo de trabajo.

El centro de maquinado es un ejemplo de máquinas de control numérico, con mayor utilidad dentro de la industria Metalmeccánica, sin embargo existe una gran variedad de máquinas en las que se aplica el concepto Control Numérico.

Existe una forma sencilla para clasificarlas, la cual se basa en el concepto de "ejes de movimiento".

Un eje de movimiento es la línea imaginaria sobre la cual cualquier parte de la máquina (mesa, carro, husillo, etc.), se mueve en forma lineal o circular. Así también podemos diferenciar básicamente dos sentidos de movimiento en cada eje, los cuales se definen como positivo (+) y negativo (-).

Así pues, encontramos máquinas con 2, 3, 4 ó más ejes de movimiento.

La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) en su estándar RS-267-4, enlista 14 tipos de ejes diferentes de movimiento, sin embargo actualmente las máquinas más complejas sólo utilizan de 4 a 8 ejes.

De esta manera, encontramos que podemos agrupar - los diferentes tipos de máquinas como sigue:

2 Ejes de movimiento:

- Torno universal
- Taladro de columna
- Prensa punzonadora
- Rectificadora universal

3 Ejes de movimiento:

- Torno revólver
- Centro de maquinado horizontal
- Fresadora vertical
- Fresadora horizontal

4 Ejes de movimiento:

- Torno vertical con un solo montaje
- Centro de maquinado con una indexadora
- Mandrinadora

Más de 4 ejes de movimiento:

- Torno vertical con dos montajes

- Fresadoras especiales de contornos
- Máquinas especiales
- Robots

III.1.2 El Control.- La unidad de control de la máquina o MCU (Machine Control Unit), es el lazo de unión entre el programador y la máquina herramienta, ya que es quien convierte la información proporcionada en el programa por medio de una cinta perforada, en señales eléctricas o hidráulicas, las cuales accionarán los servomecanismos de cada una de las partes móviles de la máquina.

Tal vez, no existe otro elemento dentro del concepto de control numérico, que se haya desarrollado tan rápido y haya cambiado tan notablemente como la unidad de control.

Este progreso se inició desde la aplicación de -- bulbos en los primeros controles que aparecen a principios de los años cincuentas, pasando por la aplicación del transistor en los sesentas y llegando al control numérico computarizado (CNC), el cual se basa en el uso de la tecnología de los microprocesadores, siendo éste el último paso que se le ha dado en el diseño de computadoras por medio de microelectrónica.

Así tenemos que podemos hablar de dos generacio--
nes de controles en función de su diseño y construcción:

Controles de alambre duro (Hardwired).- Son aque-
llos en los que sus circuitos estaban formados por bul-
bos, transistores y conexiones convencionales. Esto im-
plica un gran número de componentes que hacfa muy diff-
cil su mantenimiento y limitaba la funcionalidad y capa-
cidad del control.

Controles de alambre suave (Softwired), también -
se les conoce como controles CNC (Computer Numerical -
Control), son aquellos que aplican la tecnología de las
computadoras y de la microelectrónica en su diseño, y -
esto les da una gran versatilidad y flexibilidad en su -
operación debido a que tienen las siguientes caracterfs-
ticas:

III.1.2.2 Memoria.- Permite el almacenamiento de datos
o programas de la herramienta y la distancia que aún tie-
ne por recorrer con bastante exactitud. Esta señal la -
compara con la instrucción dada al control y en el momen-
to que éstas son iguales deja de accionar los servomoto-
res que mueven cada uno de los husillos.

Esto es conocido como "servosistema", y puede ser comparado en principio con un sistema de calefacción común:

En el sistema de calefacción un termómetro mide la temperatura que existe en la habitación y en concepto, es comparable con la unidad de retroalimentación colocada en cada eje de la máquina, ya que éste mide la posición de la parte móvil de la misma. Si la temperatura de la habitación corresponde con la determinada por el termostato del sistema, no se genera ningún cambio. Lo mismo sucede cuando la instrucción en el programa es igual a la señal de retroalimentación. Sin embargo, cuando la temperatura es diferente a la indicada en el termostato, se produce una señal que conecta y activa el calentador.

El calentador es la fuente de energía en el sistema de calefacción y el servomotor es la unidad de energía en un sistema de control numérico. Por tanto, cuando la señal de retroalimentación y la instrucción del programa no son iguales, el control envía una señal para que el motor continúe trabajando.

De esta forma podemos comprender cuál es la dinámica general del sistema de lazo cerrado, que es el -

que se usa comúnmente en todos los sistemas de Control Numérico actuales.

III.1.2.2 Posibilidad de alterar, borrar o añadir información contenida en la memoria.

III.1.2.3 Sistema de autodiagnóstico.- Permite conocer errores o fallas de la máquina como del control.

III.1.2.4 Diseño modular.- Su construcción tanto en Hardware como en Software es a base de módulos lo cual facilita el mantenimiento de sus partes.

III.1.2.5 Ciclos integrados a la memoria operativa.- Nos permiten realizar una serie de operaciones repetitivas -- únicamente dando una sola instrucción al control.

III.1.2.6 La posibilidad de usar subrutinas en el programa. A su vez podemos también clasificar los diferentes controles según el número de ejes de movimiento que pueden operar. Así encontramos controles de dos ejes para aplicaciones en tornos, de tres ejes simultáneos para centros de maquinado, de cuatro ejes para tornos o centros de maquinado con algún dispositivo giratorio, etc.

Las partes principales de que consta una unidad de control numérico (CNC) son las siguientes:

III.1.2.7 Unidad Central de Proceso.- Es donde se procesan todos los datos e información del programa y genera todas las señales que por medio de diferentes interfaces, son enviadas a los distintos servomecanismos, tableros de control, displays (pantallas), unidades mecánicas e hidráulicas del sistema.

También se conoce con las siglas CPU (Central Process Unit).

III.1.2.8 Tablero Principal.- En él se encuentran todos los mandos o botones para operar el control. La mayoría de los controles actuales poseen una pantalla (Display) o CRT (Cathodic Ray Tube), en el cual se pueden observar las condiciones o parámetros a los que se realiza una determinada operación, la secuencia del programa, etc. También poseen una sección de inserción manual de datos en la memoria, señales que indican algún estado específico en el control como alguna señal de alarma, falla de batería o de suministro de energía, etc.

Este tablero es una de las interfaces que controla la unidad central de proceso o CPU.

La tendencia a la miniaturización en el campo de la electrónica así como tratar de utilizar el menores espacio en la instalación de equipos ha llevado a los diseñadores de controles a reducir el volumen o tamaño de sus modelos y esto ha permitido poder integrar la unidad de control dentro del mismo cuerpo de la máquina lo cual -- implica una mayor funcionalidad y mayor flexibilidad en su uso.

III.1.2.9 Lector de entrada de datos.- Generalmente es una parte del sistema que se encuentra incorporado a la unidad de control pero que por la importancia de su función es conveniente considerarla aparte.

Como anteriormente se había mencionado, las instrucciones o programas elaborados por el programador son proporcionados en forma de cinta perforada o algún otro medio de entrada al control que debe de poseer un dispositivo o interface con el que pueda obtener esta información.

Por tanto encontramos distintos tipos de lectores de datos dependiendo del tipo de cinta que se tiene.

III.1.2.9.1 Lector Electromecánico.- Es aquél que trabaja a base de sensores mecánicos los cuales hacen contacto eléctrico a través de la cinta perforada que es el medio de entrada.

III.1.2.9.2 Lector Electrónico.- También se usa con cintas perforadas y su funcionamiento es por medio de celdas fotoeléctricas las cuales registran los rayos de luz que pasan por las perforaciones de la cinta. Es el más utilizado en las unidades de control actual.

III.1.2.9.3 Lector Magnético.- Tiene el mismo funcionamiento que el electrónico, sólo que, en lugar de utilizar cinta perforada utiliza cinta magnética, como la que utilizan las grabadoras comunes. También son muy utilizados junto con los electrónicos.

Existen algunos otros controles como los neumáticos que ya no son empleados o mejor dicho han sido reemplazados.

Algunos fabricantes de controles han empezado a introducir el uso de discos magnéticos o "Diskettes" como fuente de entrada de datos lo cual permite una gran capacidad para almacenar información.

La capacidad del lector será medida en función de la cantidad de caracteres que puede leer por minuto y esto dependerá del tipo de control usado y las características del mismo. El rango común usado es de 20 a 500 -- caracteres por minuto.

III.1.2.10 Retroalimentador.- La unidad de retroalimentación es una de las partes más importantes en el sistema de control numérico de lazo cerrado, pues su función es informar la posición física de la parte móvil de la máquina si no fue ejecutada alguna instrucción comandada, por medio de esta información el control no puede -- continuar con el proceso, hasta ejecutar la instrucción -- inconclusa.

Generalmente esto se realiza en una forma analógica o de señal continua, debido a la gran exactitud requerida es necesario detectar cualquier diferencia entre la señal comandada y la ejecutada por pequeña que ésta sea.

Las unidades de retroalimentación más utilizadas -- son los "Resolver", elementos que convierten el movimiento de rotación del husillo guía en señal eléctrica. Por lo general van acoplados en alguno de los extremos del -- husillo.

Otro tipo de unidades de retroalimentación son regletas electromagnéticas que se conocen con el nombre -- comercial de Inductosyns (registro de Farrand Corporation).

Estas unidades van colocadas sobre las guías de la máquina y nos permiten una gran exactitud en comparación con el "resolver" o transductor de rotación, ya que la resolución de éste depende de la exactitud del husillo al que esté acoplado.

Ambos tienen una gran aplicación aunque el transductor de rotación o "Resolver" es de menor costo y poco a poco se ha establecido como "Standard" en la mayoría de los equipos.

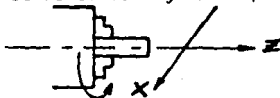
III.2 CONCEPTOS BASICOS DE PROGRAMACION

Los desarrollos tecnológicos y científicos de mayor importancia, están usualmente basados en un concepto que sirve de sólido cimiento para alcanzar sus metas.

El control numérico no es una excepción, ya que -- sus fundamentos de programación están basados en el sistema creado por el matemático y filósofo francés René Descartes hace aproximadamente 300 años y que conocemos con el nombre de Sistema de Coordenadas Cartesianas o Rectangulares. Con el uso de este sistema de coordenadas podemos describir cualquier punto en el espacio por medio de valores referidos a tres ejes perpendiculares entre sí.

Para el propósito de programación de Control Numérico no hay concepto que sustituya el uso de las coordenadas rectangulares. Así también se relaciona con el principio de movimiento de una máquina herramienta ya que éste se basa en los tres ejes de movimiento lineales más un eje de rotación.

Como ejemplo podemos tomar un torno donde la herramienta se mueve en dos ejes perpendiculares entre sí y existe un eje de rotación sobre el cual gira la pieza, como se ilustra en seguida.



Si tomamos una hoja de papel y dibujamos dos líneas perpendiculares entre sí que se cruzan en un punto tendremos un sistema de coordenadas donde una línea será eje "X" y la otra será eje "Y". El punto de intersección será el "cero" u "origen", desde el cual iniciaremos a dar valores negativos o positivos según el caso, pues es decisión del individuo seleccionar los cuadrantes con los cuales desea trabajar. La hoja quedará dividida en cuatro partes o cuadrantes y a cualquier punto localizado sobre el plano le corresponderá uno y solo un valor en el eje "X" y sólo uno en el eje "Y", y éstos serán sus coordenadas.

Si el concepto del sistema de ejes coordenados lo cambiamos de la hoja de papel a la máquina herramienta - haciendo coincidir los ejes de ambas tenemos los elementos básicos en la programación de Control Numérico. Por lo tanto, todos los puntos que forman el contorno de una pieza a maquinar podrán expresarse en coordenadas y tendrán un valor en relación al origen.

Para comprender mejor lo anterior, cortemos imaginariamente cualquier pieza para maquinar, por su eje de rotación, entonces nos quedarán dos mitades con una cara plana en cada mitad, si ahora tomamos una mitad podemos considerar la sección plana como el plano de coordenadas de trabajo.

La mayoría de las máquinas herramientas trabajan - en un sistema de dos ejes, sin embargo cuando existe un - eje más de movimiento obtendremos un sistema tridimensional el cual se usará y seguirá con el mismo principio del sistema de dos ejes.

Virtualmente todos los sistemas de Control Numérico están basados en las coordenadas rectangulares, sin embargo, algunas unidades de control utilizan el sistema de coordenadas polares en las cuales todos los puntos se describen en base a la distancia en línea recta del punto de origen y el ángulo formado por ese radio en el plano.

También encontramos que algunas máquinas poseen - más de tres ejes debido a que alguna de sus partes tienen movimientos lineales o de rotación que se deben controlar, este es el caso de mesas indexadoras, cabezales móviles, una torreta adicional con movimiento independiente, etc.

La identificación de los movimientos efectuados - por la máquina será en relación a la dirección de los -- mismos dentro del sistema de ejes. Por tanto un movimiento que se realiza sobre el eje "X" en dirección o sentido positivo será considerado con valor algebraico -

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

positivo y así para cada eje respectivamente.

En relación al punto "cero" u "origen" encontraremos que existen dos tipos de sistemas dentro del concepto Control Numérico Computarizado.

III.2.1 SISTEMA CON PUNTO "CERO" FIJO

Es aquel en el que el punto origen del sistema de coordenadas está situado en una parte fija en la máquina. Ejemplo: La intersección de la cara de la nariz del husillo con el eje de giro del mismo en un torno, el centro de la mesa en un centro de maquinado, etc.

III.2.2 SISTEMA DE PUNTO "CERO" FLOTANTE O MOVIL

Es aquel en el que el punto de origen del sistema de coordenadas puede ser cambiado a cualquier lugar en el área de trabajo de la máquina por medio de instrucciones directas al control o por medio de conmutadores - (Switches). Esto nos proporciona una mayor flexibilidad y nos permite realizar ajustes rápidos en la localización del origen. Es menester, hacer notar que no es posible fijar el origen fuera del área de trabajo de la máquina, pues estaría fuera del control de la computadora.

III.2.3 PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL

Un concepto importante de la programación es la forma de referir las posiciones o coordenadas. Para esto se tienen dos formas fundamentales.

- a).- Sistema absoluto.
- b).- Sistema incremental.

Cualquier unidad de control actualmente puede trabajar con información proporcionada en cualquiera de los dos sistemas, también es posible pasar de uno a otro en el mismo programa dependiendo de las necesidades del programa de la operación, más aun se pueden combinar los dos sistemas, y esto facilita la realización de los programas.

La programación en sistema absoluto se caracteriza porque todos los puntos que constituyen la ruta de la herramienta están referidos a un punto común llamado centro u origen del programa. Este puede estar situado en alguna parte de la máquina o un punto preestablecido dentro de la misma pieza a programar

El sistema incremental se caracteriza en que todos los puntos que constituyen la ruta de la herramienta

están referidos al inmediato anterior, esto simplifica la programación ya que, al realizar los cálculos de las coordenadas de los puntos no se requiere referirse al origen, sino sólo calcular el desplazamiento a realizar desde el punto donde se encuentra la herramienta en ese momento. Por supuesto el valor deberá estar relacionado con los ejes respectivamente. X o Y.

Por tanto, el uso de los signos "-" y "+" toma un nuevo significado cuando se utiliza el sistema incremental. Una instrucción con signo positivo no se referirá a un cuadrante específicamente, sino que nos indicará que la herramienta viajara en el sentido positivo del eje de movimiento, pero no que se mueve en un cuadrante de valores positivos.

El uso del sistema de coordenadas absolutas e incrementales no debe considerarse como una pregunta acerca de cuál es mejor o más útil, sino como una herramienta para darle una mayor flexibilidad al programador al realizar su trabajo, y su uso quedará a su criterio dependiendo del tipo de trabajo a realizar, pues en algunos casos será mejor un sistema que otro y en ocasiones será apropiado emplear una combinación de los dos.

Ahora se presenta una representación de los sistemas absoluto e incremental. Para ello se tiene la siguiente gráfica y una tabla donde se representarán valores gráficos y analíticos respectivamente.

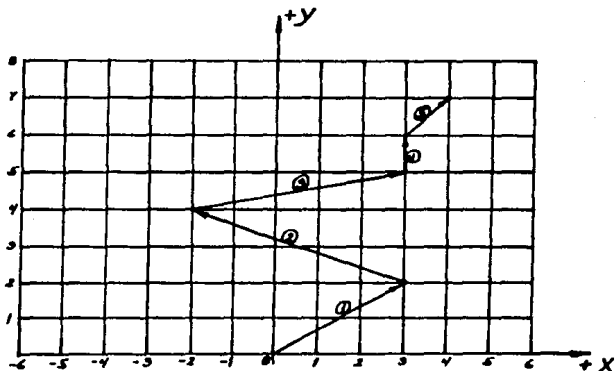


FIG. III.1.

TABLA III.1.

Número de Movimientos	sistema absoluto		sistema incremental	
	X	Y	U(X)	W(Y)
1	3	2	3	2
2	-2	4	-5	2
3	3	5	5	1
4	3	6	0	1
5	4	7	1	1

Diferencia entre el sistema absoluto y el incremental.

III.2.4 PROGRAMACION DE LAS MAQUINAS CON CONTROL NUMERICO

La programación puede realizarse de dos formas:

- 1.- Programación manual o en lenguaje máquina. Aquí el programa, del mecanizado de una pieza es escrito únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza la persona.
- 2.- Programación automática. En este caso, todos los cálculos son realizados por un computador de propósito general que en su salida suministra el programa de la pieza en lenguaje máquina. Generalmente no se tiene un computador, por tal razón la forma más común de programar es la manual en lenguaje máquina.

Actualmente los sistemas de control han sido modificados con un computador integrado de tipo interconversacional, que realiza los cálculos y estructura el programa, con la posibilidad de ser modificado de acuerdo a las necesidades existentes.

Entre las funciones que un programador debe comprender encontramos:

- a).- Analizar y descomponer el maquinado de la pieza en

operaciones elementales definiendo los parámetros -
técnicos de trabajo como son: la velocidad de corte,
velocidad de avance, profundidad de corte, etc.

- b).- Dar la secuencia preferencial a las operaciones elementales.
- c).- Efectuar todos los cálculos y razonamientos para la elaboración del programa.
- d).- Escribir en lenguaje máquina el listado del programa, de acuerdo al formato que el manual de la máquina establece.
- e).- Elaborar la cinta de acuerdo al listado del programa, comúnmente en código EIA.
- f).- Introducir el programa a la computadora de la máquina.
- g).- Poder realizar los ajustes necesarios para corregir algunas desviaciones, sean estas por cambios de diseño, modificación en el material, acabados de superficie, etc.

III.2.5 PROGRAMACION PUNTO A PUNTO Y DE RUTA CONTINUA

Ahora se hará notar que dependiendo de la capacidad de movimientos que se pueden realizar, se tiene que

la programación de Control Numérico es de dos tipos:

- a).- Programación punto a punto o de posicionamiento.
- b).- Programación de ruta continua o de contorno.

Actualmente las unidades de control cambian las dos formas de programación dependiendo del tipo de aplicación que tengan, sin embargo, es necesario hacer un análisis de ambas técnicas:

III.2.5.1 Programación de punto a punto o de posicionamiento.- Este tipo de programación es la que se aplica a máquinas como taladros o prensas en las que los husillos principales de trabajo son posicionados en un punto específico y ahí ejecuta la operación asignada.

Este es el caso de una operación de taladrado en donde se barrena, rima, machuela, avellana, etc., en el mismo punto; después que la operación es concluida el control proporciona la siguiente instrucción de posicionamiento la cual se efectúa en forma rápida y la herramienta no toca la pieza.

Algunas máquinas con este tipo de programación tienen limitaciones en operaciones de fresado debido a que sólo pueden realizar cortes en un solo eje de movimiento a la vez o sólo pueden moverse en ángulo de 45° y esto -

se realiza cuando ambos husillos guías giran simultáneamente.

Las máquinas que utilizan este tipo de programación son taladros, machueladoras, soldadoras (punteadoras) prensas troqueladoras o similares.

III.2.5.2 Programación de ruta continua o de contorno.- - Las operaciones que podemos realizar con este tipo de programación son aquellas en las que la herramienta debe estar en contacto constante con la pieza mientras los movimientos son efectuados. Esto es, el contorno maquinado - estará definido por los movimientos que el programa contenga.

Las principales aplicaciones de la programación de ruta continua son: tornos, centros de maquinado, soldadoras de contornos, máquinas de corte con flama, rectificadoras, electroerosionadoras, etc.

La característica principal de la programación de ruta continua, es el concepto de interpolación.

III.2.6 INTERPOLACION

La interpolación consiste en el método de obtener a base de pequeños incrementos un número finito de puntos que definen un contorno con cualquier tipo de forma.

Un ejemplo de este concepto puede ser ilustrado con un simple arco o segmento circular el cual se define geométricamente por un número finito de puntos equidistantes al punto centro.



En el caso de la interpolación el número de puntos no es infinito pero los incrementos considerados para la obtención de éstos serán lo suficientemente pequeños para poder obtener el contorno deseado, que se semejan a los empleados en las operaciones de integrales, mejor dicho, estas operaciones son empleadas en este tipo de controles.

Existen cuatro tipos de interpolación que relacionan los puntos del contorno de una pieza o figura:

- 1).- Interpolación lineal.
- 2).- Interpolación circular.

3).- Interpolación parabólica.

4).- Interpolación cúbica.

La interpolación lineal consiste en relacionar -- los puntos o base de líneas rectas en las cuales habrá -- siempre un punto inicial y un punto final.

La interpolación circular nos permite programar -- círculos o parte de éstos. Generalmente relaciona las -- coordenadas del punto final, el radio del círculo, las -- coordenadas del centro, el sentido de giro y la distancia entre el centro y el punto inicial.

La interpolación circular es considerada por algunos como un derivado de la interpolación lineal, ya que -- forma los círculos a base de pequeñas líneas cuya longi-- tud puede ser de 0.0033mm (aproximadamente 0.0002").

La interpolación parabólica y cúbica son funcio-- nes especiales o fuera de lo estándar en la mayoría de -- los controles de Control Numérico Computarizado, sin em bargo, tienen aplicación en industrias como la automo-- triz, fabricación de moldes, aeroespacial, y para las -- industrias que necesitan mecanizar formas exóticas.

Actualmente las máquinas que tienen integrados -- los cuatro tipos de interpolación son: los centros de --

maquinado. Aunque algunos tipos de interpolación son opcionales.

III.2.7 LA CINTA PERFORADA

Como anteriormente se expresó, el programa consiste de una serie de instrucciones comandadas en forma de códigos, los cuales son proporcionados por medio de una cinta perforada, tarjetas, cinta magnética, disketts o meter -- directamente a la memoria de la computadora por medio de las teclas de que el control dispone. Posteriormente la computadora al entrar en función, mandará a los servomecanismos ejecutar los movimientos programados y en el orden que guardan en la estructura del programa.

Aún cuando se han desarrollado grandes adelantos en los sistemas de control la cinta perforada es aún la más utilizada.

El uso de este tipo de cinta fue un caso, poco tiempo después de iniciarse la utilización del control numérico en las máquinas herramientas. Los ingenieros de las diferentes compañías fabricantes de máquinas y unidades de control se reunieron para acordar qué tipo de elemento deberían emplear para almacenar y transmitir las instrucciones a la -- unidad de control.

Se propusieron tarjetas perforadas, películas foto gráficas de 35 mm., cinta magnética de una pulgada de ancho, cinta de celuloide de cinco pulgadas de ancho y otras varias, concluyendo en usar la cinta de una pulgada de ancho en la cual se perforarían los datos necesarios en un código de ocho columnas (canales o tracks).

La Asociación de Industrias Electrónicas (E.I.A.) lo clasificó como su estándar RS-273-A y RS-274-B en los que define el formato para controles de posicionamiento - como para controles de contorno respectivamente.

Una característica principal de este código es la utilización del sistema binario o BCD (Binary Code Decimal), para la estructuración de la información contenida en la cinta perforada. Se asignaron los valores de 0, 1, 2, 4 y 8 a los cinco primeros canales, con los cuales - podemos formar cualquier dígito del 0 al 9, dependiendo de la combinación de las perforaciones en los mismos.

Como podemos observar, los valores asignados a los cinco primeros canales corresponden a los números con los cuales podemos formar cualquier cantidad por pequeña o -- grande que ésta sea.

Por ejemplo: el número siete (7), podemos representarlo con la combinación de las perforaciones en los

canales, cuyos valores sean 4, 2 y 1, para un valor que contenga más de un dígito, se usará más de una posición en la cinta.

Cada número, letra o símbolo tiene su propia combinación de perforaciones en un solo renglón de la cinta y el valor decimal de cada dígito está determinado por su posición en la cantidad y por el tipo de sistema (Métrico o Inglés) que se utiliza.

Otro concepto utilizado es el de "paridad", el -- cual consiste en la perforación de un canal extra en todos aquellos dígitos o códigos en los que el número de perforaciones no corresponda al sistema empleado. En el caso de sistema (EIA), el número de perforaciones deben ser impar, si el dígito o código tiene una perforación par, automáticamente se perfora el canal de paridad que para este sistema es el canal cinco. La razón de esto es el de reducir la posibilidad de error en la perforación de la cinta y es el medio por el cual el control -- puede detectar cualquier equivocación en el momento de "leer" la información.

Al mismo tiempo que la Asociación de Industrias - Electrónicas establecía el estándar RS-244A referente al código Binario Decimal (BCD) como método o lenguaje de - comunicación a base de dígitos y símbolos en los Siste--

mas de Control Numérico Computarizado, aparece la ASCII - (American Standard Code for Information Intenchange), la cual fue creada por el Instituto Nacional de Estándares - Americanos (ANSI) y posteriormente reconocida como ANSCII (American National Standards Code for Information Interchange) y que con el transcurso del tiempo es la norma con mayor uso en la actualidad.

Una diferencia básica en el formato de ambos códigos es que el EIA utiliza como máximo solamente seis de los ocho canales o "tracks" para el manejo de información y permite hasta 63 combinaciones que son suficientes para su aplicación en programación de Control Numérico.

Sin embargo, el código ANSCII nos proporciona mayor cantidad de combinaciones debido a que su aplicación es mucho más amplia ya que se aplica a computadoras, telefonía, telégrafos, transmisión de datos, etc.

Esto nos indica que el próximo paso lógico es el considerar el código ANSCII como el sistema universal para usarse en cintas perforadas.

La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) tomó algunas acciones para minimizar la diferencia entre ambos códigos ya que creó un nuevo código estándar el --

III.3 CODIFICACION DE LA PROGRAMACION

Una vez estudiada la construcción del microprocesador y el funcionamiento del control numérico, vamos a analizar cómo se realiza su programación, es decir, mediante qué lenguaje un operador humano introduce en el control los datos de mecanización, es decir, cómo el operador "habla" al equipo de control numérico.

El programador debe partir del dibujo de la pieza a mecanizar, dibujo en el que todas las coordenadas y todas las cotas deben fijarse sin omitir ninguna. Por consiguiente, todas estas coordenadas deben ser calculadas previamente. El programador también deberá programar -- otras funciones tales como velocidades de corte y de avance, herramientas, dimensiones de las herramientas, tipo de movimientos y funciones auxiliares que se mencionarán -- más adelante.

Para programar todas las variables necesarias para la realización de un mecanizado o maquinado como mejor se conoce en el ámbito industrial; se pueden utilizar dos -- métodos distintos, según la disponibilidad de medios, -- cantidad de máquinas a programar y en algunos casos por -- la complejidad de la pieza, dado que de esta complejidad dependen los cálculos necesarios para la obtención del --

programa-pieza:

a).- Programación manual.

En este caso el programa-pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza previamente el programador.

La programación, sea cual fuere, el método de realizarla, debe suministrarse al control en lenguaje máquina. En la programación manual, una vez que se tienen -- los cálculos, se codifica directamente en lenguaje máquina, de esta forma se perfora en la cinta que alimentará el programa al control sin cambio alguno.

Para la programación en lenguaje máquina se requiere que todos los extremos, de todos los segmentos rectos o arcos de circunferencia tengan sus coordenadas, en los arcos también se requiere calcular las coordenadas de los centros de giro, por lo que estos cálculos se deben realizar previamente como ya se había hecho notar.

b).- Programación automática.

Para este tipo de programación, los cálculos mencionados en el inciso anterior, los realiza un computador de propósito general, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por tal razón

también recibe el nombre de programación asistida por computador.

El computador es pues, una herramienta que se emplea como auxiliar para realizar los cálculos y la codificación en lenguaje máquina. Se hace énfasis del lenguaje máquina por la razón, de que es posible realizar un algoritmo que nos genere un programa, pero para una computadora común.

Una vez mencionado lo anterior es conveniente hacer notar que, para la programación automática es necesario además del requisito de conocer la programación manual, saber la programación del computador de propósito general (común). Basic, Fortran, ...etc.

Algunos fabricantes de equipos, para automatizar por medio del Control Numérico Computarizado, han integrado al control una sección de cálculo, que se encarga de realizar la programación automáticamente, sin que el programador tenga que codificar en lenguaje máquina. Es pues en este caso programación automática. Sin embargo, para poder programar en programación automática, es necesario conocer la programación manual, de lo contrario, no se comprenderá lo que hace la máquina, y como consecuencia se cometerán errores que no se podrán solucio--

nar, es pues la programación manual, el cimiento, la base de la programación.

III.3.1 PROGRAMACION MANUAL

El lenguaje máquina comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza. Estos datos de mecanización deben suministrarse al control numérico en un lenguaje que aquel conozca, es decir, en lenguaje máquina, que tiene algunas características particulares en cada máquina y tipo de control.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina "bloque o secuencia", que se numeran para facilitar su búsqueda.

La distribución de informaciones dentro de un -- bloque de programa está caracterizado por el formato. -- El formato de programación puede ser fijo o variable.

Un formato fijo es aquél en el cual el número de caracteres y su función, definida por la aplicación de un carácter en el interior del bloque, son constantes. El significado de un conjunto de cifras, depende de su situación dentro de un bloque de programa. Recuérdese que un carácter es el símbolo utilizado para represen-

tar una información, ya sea numérica, cifras cero a nueve, o alfanumérica, letras de la A a la Z.

Este formato fijo es tremendamente rígido y, en la actualidad, está en desuso.

En cada bloque perteneciente a un programa de -- formato variable, puede haber un número variable de instrucciones. Cada instrucción se compone de una letra -- llamada dirección, y de una parte numérica, constituida por un cierto número de cifras decimales. La dirección identifica el significado de la parte numérica. Las cifras decimales pueden indicar la amplitud de los desplazamientos, las velocidades de avance, indicaciones auxiliares para el control (refrigeración, cambio de herramienta, etc.), correcciones de herramienta, etc.

El formato de programación de un equipo de control suministra al programador las reglas que éste debe seguir, es decir, la forma en que debe realizar la programación - en lenguaje máquina. Asimismo, el formato permite medir de alguna forma la potencia de un equipo de control numérico.

Antes de hablar de los formatos de programación - utilizados en control numérico vamos a estudiar los códigos de programación.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Anteriormente cada constructor utilizaba el suyo particular.

Posteriormente, se vió la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas siendo éstas del mismo tipo.

Un primer código normalizado fue propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA). Este código EIA utiliza una banda perforada de una pulgada con -- ocho pistas o canales como se le llaman en el medio industrial y una pista de arrastre entre los canales 3 y 4. Este código utiliza paridad impar, de tal forma que la - codificación de cualquier caracter (símbolo) se realiza con un número impar de perforaciones en la cinta. Para tal fin, se utiliza el canal número cinco como bit de pa ridad impar. Así mismo, la pista número 8 la utiliza pa ra caracterizar el símbolo CR. (Fin de secuencia).

Bajo los auspicios de la Comisión Electrónica Internacional, se inició en Europa el estudio de un nuevo tipo de código normalizado destinado a permitir una inter cambiabilidad entre máquinas análogas.

El organismo encargado de realizar dicho estudio - fue un Comité Técnico de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

El resultado del trabajo de dicho comité fue el código ISO, que utiliza para la información 7 dígitos binarios, de tal forma que el número de bits de cada símbolo sea par. En este código, el bit de paridad aparece en el canal 8 de la cinta.

El código ISO consta de 50 caracteres de los cuales 40 se utilizan como caracteres numéricos y alfabéticos, y el resto como caracteres especiales.

En la gran mayoría de los controles numéricos modernos se pueden utilizar ambos tipos de codificación.

Para que el control acepte un código sea EIA o ISO, sólo se le cambia un parámetro que identifica el tipo de código. En caso de error y emplear un código equivocado, el control detectará dicho error por la diferente paridad, el control interrumpe el programa y señala el error con su correspondiente alarma.

III.3.2 FURMATOS DE PROGRAMACION

Como ya hemos dicho anteriormente, el formato de programación suministra al programador las reglas que éste debe seguir, es decir, la forma en que debe realizar la programación en lenguaje máquina.

La composición típica de un programa-pieza es la siguiente:

III.3.2.1 Texto Previo.- Es el texto previo, que es opcional, contiene indicaciones técnicas de la fabricación, como por ejemplo: Número de programa, número de pieza, comentarios del operador con los cuales identifica algunos movimientos previos, etc.

Si el texto previo se extiende a más de una línea, la segunda y las siguientes líneas se deben escribir entre paréntesis.

III.3.2.2 Principio de Programa.- Utilizando el símbolo - LF en código ISO y CR en código EIA. Dando este signo el control recibe la señal y reconoce que se inicia un programa. Sin embargo, y sobre todo en el código EIA, que es el convencionalmente más utilizado, se toma el inicio de programa por medio de la letra (dirección) o, y un número -- con el cual se identifica el programa, el análogo inicio en

el código ISO, es el símbolo dos puntos (:), seguido del correspondiente número de identificación.

III.3.2.3 Programa de Mecanizado.- El programa de mecanizado contiene todas las indicaciones necesarias para el proceso de mecanizado. Para la escritura de dicho programa tendremos que regirnos por el formato que tenga dicho equipo de control, formato que estudiaremos posteriormente.

III.3.2.4 Fin de Programa.- La programación del final del programa de mecanizado se realiza con el símbolo % para la codificación ISO y ER para la codificación EIA. Pero regularmente, se requiere en la práctica, otro tipo de final por medio de una instrucción podemos comandar al control la terminación del programa y simultáneamente ordenarle que se posicione en el inicio del programa nuevamente, de esta forma, el operador demontará la pieza terminada, montará otra e iniciará el siguiente ciclo con sólo oprimir el botón de inicio (START).

Regresando a la conformación del bloque de programación es necesario considerar que debe contener todas las coordenadas geométricas, funciones máquina y funciones auxiliares necesarias para ejecutar un movimiento o bien un mecanizado. Un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El formato de una instrucción indica la configuración en que esta instrucción debe ser escrita. Cada instrucción consta de una letra (dirección), que puede ser mayúscula o minúscula, según el código utilizado ISO ó EIA, y también dependerá de la programación, instalada en el equipo de perforación, dicha instrucción también contendrá signo y cifras. Cada letra, llamada dirección, va seguida de una o dos cifras decimales. Algunas veces estas cifras decimales están separadas por un punto.

La primera cifra decimal que sigue a la dirección indica el número máximo de cifras a la izquierda del punto. La segunda indica si existe, el número máximo de cifras a la derecha del punto. A veces una dirección va seguida de un signo (+). El signo + indica la posibilidad de emplear los signos positivo y negativo en la programación absoluta.

Así por ejemplo; un formato $X + 4.2$, indica que en el programa, en lenguaje máquina, la cota X puede; primero, por el signo + que podemos programar en cuadrantes positivos y en cuadrantes negativos, y puede poseer un número máximo de cuatro cifras a la izquierda y dos a la derecha del punto. La cota se expresa tanto en milímetros como en pulgadas, pues en los controles actuales se tienen los dos sistemas integrados.

Cuando los ceros a la derecha y a la izquierda puedan ser omitidos, la designación por dos cifras deberá ser cambiada en designación mediante tres cifras. En el caso en que los ceros de la izquierda puedan ser omitidos, la primera cifra será un cero. Así, por ejemplo, la instrucción $X + 04.2$ indica la posibilidad de no escribir ceros a la izquierda. En el caso en que los ceros a la derecha puedan ser omitidos, la última cifra será cero, $X + .4.20$.

Cuando un caracter correspondiente a una dirección va seguido de una única cifra, dicha cifra indica el número máximo de cifras que pueden utilizarse.

Aunque cada fabricante de equipos de control numérico utiliza sus propias direcciones, vamos a introducir los caracteres más comúnmente utilizados como dirección, indicando su significado en cada caso.

N; es la dirección correspondiente al número de -- bloque. La dirección N, normalmente va seguida de un número de tres o cuatro cifras (formato N03 ó N04). En el caso de formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es de 1000 (N000 ~ N999).

El número de bloque es la primera instrucción de cada bloque en el programa.

En un programa pueden existir bloques opcionales, - que son bloques especiales de programa que están caracterizados por una diagonal "/" antes del número de bloque.

Estos bloques serán o no ejecutados, según se requiera, para tal alternativa, el control dispone de interruptor de dos posiciones ON y OFF, si el interruptor está en ON el bloque o bloques que contengan la diagonal, serán ignorados. Si el interruptor está en OFF, el bloque será ejecutado por la máquina. X, Y, Z; son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina-herramienta. En algunos casos sólo se emplean dos, X, Z.

Actualmente su formato es X, Y, Z + 04.3. Para el - sistema métrico y X, Y, Z + 02.4 para le sistema inglés.

Esto implica que se pueden programar $\pm 9,999.999$ mm. y ± 99.9999 pulgadas como máximo, y ± 0.001 mm y ± 0.0001 pulgadas como mínimo. Debe hacerse hincapié que las cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa (incremental).

G; es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Estas funciones preparatorias se utilizan para informar al control de las características de la operación de mecanizado. Dependiendo de los fabricantes de - estos equipos las funciones preparatorias se utilizan para comandar movimientos a los servomecanismos de la máquina.

Normalmente la dirección G va seguida de un número de dos cifras, que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes, formato (G2).

M; es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina acción de arranque o paro de los accesorios de la máquina, sentidos de giro, rangos de velocidad y algunas otras funciones misceláneas. Normalmente la dirección M va seguida de un número de dos cifras, lo que permite programar hasta 100 funciones diferentes (formato M2).

F; es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Normalmente va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/rev. o bien en pulgadas/rev. Su formato es, por tanto, F4. Esta función es aplicable en algunas secuencias donde existen funciones preparatorias.

E; es una dirección semejante a F, sin embargo su formato cambia, es E6, esta dirección es utilizable en los roscados, sobre todo en roscas donde el paso no es un número cerrado por ejemplo; en 3 hilos por pulgada, -- que su paso es 0.33333333..., con la dirección E, se logra una mayor aproximación que con F.

Tanto F como E, se pueden expresar además de mm o -
pulgadas por revolución, también en mm. o pulg. por minuto.

S; es la dirección correspondiente a la velocidad -
de rotación del husillo principal. Actualmente la veloci-
dad de giro del husillo se programa directamente, en revo-
luciones por minuto, utilizando cuatro cifras y pudiendo -
eliminar los ceros iniciales (formato S04).

I, J, K; son direcciones utilizadas para programar
arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se reali-
za en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Aná-
logamente, en el plano X-Z se utilizan las direcciones I y K,
y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.

Estas direcciones también se utilizan en algunos ci-
clos automáticos para indicar algunas cotas. Su formato -
de programación es el mismo que para las cotas, es decir -
I, J, K + 02.4 para el sistema inglés.

T; es la dirección correspondiente al número de he-
rramienta. Actualmente y fundamentalmente en equipos de -
control para tornos (centros de torneado), bajo la direc-
ción T se programan independientemente el número de herra-
mienta y la corrección de herramienta. Así, por ejemplo;
un formato T4, nos permite programar hasta 100 herra-
mientas y 100 correcciones, pues las dos primeras cifras corres

ponden al número de herramienta y las dos siguientes corresponden a la corrección.

Además de estas direcciones prácticamente estandarizadas y, por tanto comunes a todos los equipos de control numérico, existen otras posibles direcciones no universales y que para cada equipo de control tienen un significado diferente.

Un formato de programación manual utilizando exclusivamente las instrucciones antes mencionadas, es: (formato del sistema inglés).

N04G2X+02.4Y+02.4Z+02.4I+02.4J+02.4K+02.4F02.4S04T4M2.

III.3.3 FUNCIONES PREPARATORIAS

A continuación vamos a introducir las funciones preparatorias más importantes con un significado dado por la norma ISO1056. (A partir de estas funciones preparatorias indicaremos la forma de programar funciones tales como interpolación lineal o circular, paradas programadas, etc. Asimismo, introduciremos los ciclos automáticos más importantes, tanto en equipos para fresadoras como en equipos para torno).

Durante la definición de las distintas funciones -- preparatorias indicaremos su relación con otras instrucciones del mismo bloque de programa de tal forma que el conjunto de todas esas instrucciones definen perfectamente la función que el control debe realizar.

Función G00. Esta función realiza movimientos de la máxima velocidad posible, es decir, la velocidad de desplazamiento rápido se fija en la puesta en operación de la máquina, siendo ajustable en el control.

Como se verá más adelante, la velocidad de avance programada "F" queda suspendida, actuándose nuevamente, al desaparecer G00. Esto no en todas las máquinas, pues depende del fabricante del control.

El desplazamiento rápido, se realiza en ambos ejes. Dado que regularmente el desplazamiento rápido, es el mismo en ambos ejes, la trayectoria es una recta de inclinación 45°. El resto del desplazamiento se realiza paralelamente al eje en el cual debe recorrer mayor distancia, hasta alcanzar la posición programada.

Función G01. Con G01 los ejes se manejan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta. La velocidad del desplazamiento viene dada por la

velocidad de avance programada en el formato F02.4 para el sistema inglés (EIA), F04.3 para el sistema métrico (ISO).

Las coordenadas del punto final de la recta se expresan mediante las direcciones X, Y, Z, pudiendo programarse en forma absoluta o en forma relativa (G90 programación de cotas absolutas, G91 programación de cotas relativas).

Función G02, G03.

Para la programación de una interpolación circular mediante un bloque de programa, dicho bloque debe contener:

a).- Función G: G02 interpolación circular en sentido favorable de las manecillas del reloj, si la herramienta ataca del lado contrario del operador. Si la herramienta ataca del lado del operador, G02 realizará una interpolación en sentido contrario a las manecillas del reloj, pero si la herramienta corta del lado donde se encuentra el operador, entonces G03 realizará su movimiento en sentido favorable a las manecillas del reloj.

En otras palabras, G02, realiza movimientos para maquinarse formas cóncavas, y G03 realiza movimientos para

maquinar formas convexas.

Función G04.

La función G04 caracteriza a un bloque con una interrupción del programa durante un intervalo de tiempo - predeterminado y con una reanudación automática del programa una vez transcurrido dicho tiempo. La duración de la interrupción se programa mediante direcciones diferentes, según los equipos de control. En ciertos equipos se realizan direcciones especiales (H, P, V, etc.) En otros se utilizan direcciones ya atribuidas a otras instrucciones. Así por ejemplo, hay equipos que utilizan la instrucción IF# para programar en milisegundos la duración de la interrupción. De esta forma, la gama de temporizaciones sería desde 1 hasta 9999 milisegundos.

Función G06.

Mediante esta función se indica al control que se quiere realizar un arco de parábola (interpolación) parabólica. Un arco de parábola se programa mediante el extremo del arco de parábola y el punto de intersección de las tangentes a la parábola en los puntos inicial y final. Este tipo de interpolación es poco utilizado en control numérico.

Función G07.

Mediante esta función se indica al control que incrementemente la velocidad de avance hasta un valor programado. Es una función preparatoria poco utilizada.

Función G09.

Esta función preparatoria indica al control que debe disminuir la velocidad de avance. Esta función preparatoria se utiliza para la aproximación a una posición con gran precisión. Cuando esta función se utiliza dentro de un proceso de mecanización, la ejecución del bloque siguiente sólo tendrá lugar después de que la máquina haya alcanzado una posición dentro de la banda de la tolerancia de la posición programada. Se utiliza, por tanto, para el mecanizado de contornos precisos.

Funciones G17 a G19.

Mediante estas funciones preparatorias se identifican los planos que intervienen en las funciones de interpolación circular o de corrección del útil. Normalmente G17 identifica al plano X-Y, G18 identifica al plano X-Z y G19 identifica al plano Y-Z.

Cuando se utilizan para seleccionar los planos de compensación del útil, estas funciones se programan en conjunción con G41 y G42, que suministran la dirección de la corrección.

Función G33.

Esta función preparatoria indica el ciclo automático de roscado. Este ciclo automático de roscado tiene especial interés en los equipos diseñados para el control de tornos.

Los equipos con ciclo de roscado deben poseer un -- captador acoplado al husillo principal que suministra la - velocidad de giro real del husillo. De esta forma se consigue una coordinación entre la velocidad de giro del husi llo y la velocidad de avance de los carros.

El paso de rosca se puede programar bien mediante - el paso de rosca en milímetros, a través de la dirección - K, o bien a través de la velocidad de avance de los carros en mm/vuelta. También se puede programar en pulgadas o - pulgadas por vuelta.

El roscado derecho o izquierdo se programa por me-- dio del sentido de giro de husillo principal.

A fin de que el husillo tenga tiempo de acelerar - hasta la velocidad de giro prevista, tanto el sentido de - giro como la velocidad de giro se programarán en un bloque anterior al de la operación de roscado.

Normalmente, un roscado se realiza en varias pasa-

das, por lo que el desplazamiento del eje se inicia siempre en la misma posición angular entre pieza y herramienta (en el captador se genera una señal de sincronización).

La longitud total del roscado se programa utilizando la dirección Z. En dicha instrucción se deberán tener en cuenta, además, los tramos de entrada y salida para acelerar y frenar. Posteriormente se analizarán más a detalle cada una de las funciones.

Función G34.

Mediante esta función preparatoria se programan roscados en los cuales el paso de la roca crece constantemente. Es poco utilizada en control numérico.

Función G35.

Esta función es análoga a la función anterior, pero en este caso el paso de la rosca disminuye constantemente. También es poco utilizada en control numérico.

Función G40.

Esta función preparatoria sirve para anular toda instrucción de corrección o de decalaje del útil. Regularmente esta función se programa permanentemente en el control.

Función G41.

Esta función preparatoria permite la corrección del radio de la herramienta a izquierdas (esto es cuando la herramienta está situada a la izquierda de la superficie a mecanizar, para un observador que mira en la dirección del desplazamiento del útil con respecto a la pieza). Se utiliza durante el mecanizado de contornos externos.

Función G42.

Función preparatoria que indica una corrección del radio del útil a la derecha (la herramienta situada a la derecha de la pieza para un observador que mira en la dirección del desplazamiento del útil con respecto a la pieza). Se utiliza para el mecanizado de contornos interiores.

Función G43.

Esta función preparatoria se usa para programar un decalaje positivo del útil. Se utiliza para programar una corrección positiva del útil. Esta función puede ser anulada por la función G40.

Función G44.

Esta función preparatoria se utiliza normalmente para programar correcciones negativas del útil. A veces -

se programan las correcciones separadamente para cada eje. También puede ser anulada por G40.

Funciones G45 a G52.

Estas funciones preparatorias indican que el valor de la corrección del útil debe ser sumado o restado de -- las cotas del bloque, o bien no deben ser tomada en consideración.

Normalmente se verifican las siguientes correcciones:

G45 operación $X + R, Y + R.$
 G46 operación $X + R, Y - R.$
 G47 operación $X - R, Y - R.$
 G48 operación $X - R, Y + R.$
 G49 operación $X, Y + R.$
 G50 operación $X, Y - R.$
 G51 operación $X + R, Y.$
 G52 operación $X - R, Y.$

Función G53.

Esta función preparatoria permite anular los deca-lajes del origen.

Funciones G54 a G59

Estas funciones preparatorias permiten programar -

decalajes de origen. Normalmente la programación de las - cotas se realiza respecto al cero de la pieza, que depende de la posición de la pieza respecto de la mesa.

Debido a cambios posteriores en la posición de la - pieza sobre la mesa, dicho cero pieza puede cambiar, de he- cho al desmontar una pieza y montar otra cambia el cero -- pieza, pues las dimensiones de una pieza respecto de otra hablando de material, siempre son diferentes. Este decala- je de posición puede ser compensado utilizando estas fun- ciones preparatorias.

Normalmente, los decalajes de este tipo son:

- G54 operación: Decalaje del origen en eje X.
- G55 operación: Decalaje del origen en eje Y.
- G56 operación : Decalaje del origen en eje Z.
- G57 operación: Decalaje del origen en ejes X,Y.
- G58 operación: Decalaje del origen en ejes X, Z.
- G59 operación: Decalaje del origen en ejes Y, Z.

Función G60.

Su función es análoga a G09 y sirve, por tanto, pa- ra programar paradas precisas.

Función G61.

Esta función preparatoria se utiliza para realizar paradas con precisión media.

Función - 662.

Esta función preparatoria se utiliza en posicionamientos rápidos que permiten ganar tiempo a cambio de alcanzar precisiones malas.

Función G63.

Esta función programa un tipo de posicionamiento - en el que se realiza una parada del husillo al final del desplazamiento.

Función - G64

Esta función programa encadenamientos continuos - entre bloques de programa sin reducciones de velocidad de avance ni paradas intermedias. Produce contornos redondeados, cuando se producen cambios en la dirección del movimiento.

En los equipos punto a punto y paraxial se utilizan las funciones preparatorias G70 - G75 para indicar el tipo de posicionamiento.

Función G70.

Esta función preparatoria se utiliza para anular el resto de las funciones G71- G75. En equipos de contorno suele utilizarse para la programación en pulgadas.

Función G71.

Esta función sirve para programar posicionamientos bastos a la velocidad rápida.

Función G72.

Análoga a la anterior, en los equipos que no utilizan desaceleración por etapas o escalones.

Función G73.

Programa posicionamientos unidireccionales, es decir, que el posicionamiento siempre se ejecuta en un mismo sentido. de esta forma, sobre todo en máquinas antiguas, se obtiene la máxima repetividad y posicionamiento.

Función G74.

Posicionamiento a velocidad de trabajo, programada - con la instrucción F4.

Función G75.

Posicionamiento análogo al anterior, pero con una - reducción automática de la velocidad de avance para realizar una parada con mayor precisión.

Estas funciones preparatorias del grupo G70, en la actualidad, se utilizan poco en equipos para fresadoras y -

mandrinadoras.

En los equipos para tornos actuales, estas funciones preparatorias del grupo G70, se utilizan para realizar ciclos automáticos.

Como ejemplos de estos ciclos automáticos, también llamados ciclos enlatados, mostraremos los siguientes:

Función G70.

Esta función preparatoria sirve para programar un ciclo automático para mecanizado final de contorno. La longitud del programa para mecanizar el contorno final puede ser muy elevada.

Función G71-G72.

Son ciclos automáticos de desbastado. En su programación será necesario indicar las distintas pasadas de desbastado, el sobrante deseado según ambos ejes X, Z hasta el contorno final, profundidad de corte, velocidad de avance para cada recorrido de desbaste y la velocidad de corte (giro del husillo).

Función G77.

Esta función preparatoria es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de -

un cilindro.

Se programa utilizando las coordenadas del punto final (punto A) y el valor de la velocidad de avance.

La secuencia de movimiento es:

- 1.- Posicionado del diámetro programado (cota X) en rápido.
- 2.- Torneado según el eje Z, hasta alcanzar el punto B, a la velocidad de avance programada.
- 3.- Retroceso de la herramienta hasta el diámetro de partida, a la velocidad de avance programada.
- 4.- Retroceso rápido al punto de partida A.

En la figura III.3. aparece la secuencia antes -- descrita, con sus movimientos, la línea continua representa movimiento con avance programado, la línea interrumpida representa avance rápido.

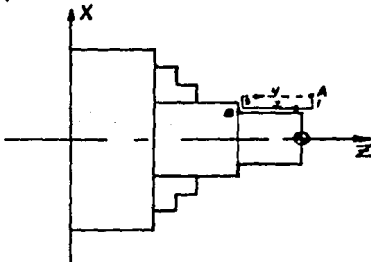


FIG. III.3.

Con esta misma función preparatoria se puede programar el torneado de un cono en un solo bloque.

Este ciclo automático es análogo al anterior, pero ahora será necesario programar, además, la inclinación del cono. El valor de la inclinación del cono se suministra a través de la dirección I.

Función G78.

Esta función preparatoria permite programar, con un único bloque, un roscado cilíndrico.

Para realizar el roscado cilíndrico se programan las coordenadas del punto final y el paso de la rosca, bien sea a través de la dirección K, o bien a través de la propia velocidad de avance.

La secuencia de movimientos es:

- 1.- Posicionado del diámetro programado (cota X), en desplazamiento rápido.
- 2.- Tallado en la dirección Z con el paso de rosca programado, hasta el punto final B.
- 3.- Ejecución o no del chaflán.
- 4.- Retroceso en rápido hasta el diámetro de partida.

5.- Desplazamiento en rápido al punto de partida A.

En la figura III.4 aparece esta secuencia de operaciones. La línea continua indica avance programado, la línea interrumpida indica avance rápido.

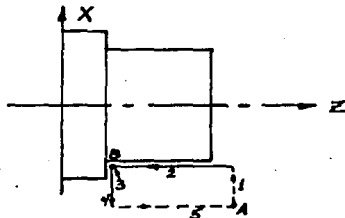


FIG. III.4.

Esta función permite también programar roscados cónicos. Es un ciclo análogo al anterior, pero con la inclinación que la dirección 1, nos da al introduciría en este -- bloque de programa.

Función G79.

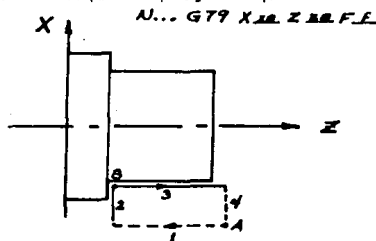
Con esta función se programa, con un único bloque, una secuencia completa de refrentado.

Una operación de refrentado se programa mediante -- las coordenadas del punto final (direcciones X, Z) y el -- valor de la velocidad de avance.

La secuencia de operaciones es:

- 1.- Posicionamiento en rápido de la cota Z programada.
- 2.- Refrentado, a la velocidad de avance, hasta el diámetro X programado (punto B).
- 3.- Retroceso a la velocidad de avance hasta la posición de partida en Z.
- 4.- Retroceso rápido hasta el punto de partida A.

En la figura III.5 aparece la secuencia de operaciones. Que en bloque de programa quedaría:



Con esta misma función G79 se puede realizar el torneado en un cono. En este caso, a través de la dirección K se programará la inclinación del cono.

A continuación vamos a explicar las funciones del grupo G80, que se utilizan habitualmente como ciclos automáticos en los equipos de control utilizados para fresado

ras-mandrinadoras.

Función G80.

Esta función preparatoria anula todos los ciclos automáticos G81-G89.

Función G81.

Este ciclo automático permite programar con un único bloque un taladrado. Consta de la siguiente secuencia de operaciones:

- 1.- Desplazamiento en rápido hasta la cota programada.
- 2.- Bajada de la herramienta a velocidad rápida hasta la cara superior de la pieza. (Esta cota deberá ser su ministrada a través de una instrucción especial).
- 3.- Rotación del mandrino.
- 4.- Avance a la velocidad de trabajo hasta la profundidad programada. Esta profundidad se programa con -- una instrucción especial.
- 5.- Subida de la herramienta en rápido hasta la cara superior de la pieza.
- 6.- Desplazamiento en rápido hasta alcanzar el nuevo pun to a mecanizar.

Para programar un ciclo automático será necesario su ministrarse en el mismo bloque en que se escribe dicho ciclo.

los valores de los parámetros del ciclo. Estos parámetros se suministran a través de instrucciones especiales.

Función G82.

Este ciclo automático es análogo al anterior y su finalidad es realizar taladrados con permanencia. Se realiza con la misma secuencia de operaciones que en la función G81, excepto que al acabar el avance a la velocidad de trabajo hasta la profundidad programada, se produce una parada temporizada de la herramienta antes de iniciarse la operación siguiente.

Función G83.

Este ciclo automático permite realizar taladrados profundos. La secuencia de operaciones es la siguiente:

- 1.- Desplazamiento en rápido hasta la cota programada.
- 2.- Bajada de la herramienta en rápido hasta la cara superior de la pieza.
- 3.- Rotación del mandrino.
- 4.- Avance de la velocidad de trabajo hasta una cota intermedia.
- 5.- Subida de la herramienta en rápido hasta la cara superior de la pieza.
- 6.- Bajada de la herramienta en rápido hasta la cota intermedia.

- 7.- Avance a la velocidad de trabajo hasta la profundidad final programada.
- 8.- Subida de la herramienta en rápido hasta alcanzar la cara superior de la pieza.

Función G84.

Este ciclo automático permite realizar roscados interiores, utilizando, por ejemplo, machos de roscar. La secuencia de operaciones, que con dicha función preparatoria se realiza es:

- 1.- Desplazamiento a la velocidad de avance hasta la cota programada.
- 2.- Bajada de la herramienta en rápido hasta la cara superior de la pieza.
- 3.- Rotación de la herramienta (a derechas).
- 4.- Avance a la velocidad de trabajo hasta la profundidad final programada.
- 5.- Inversión del sentido de rotación de la hta.
- 6.- Retorno hasta la cara superior de la pieza a velocidad de trabajo.

Función G85

Este ciclo automático permite realizar escareados. Este ciclo es análogo al anterior, excepto que en este caso no se produce la inversión de sentido de rotación del mandrino.

Función G86.

Este ciclo automático permite ejecutar mandrinados. La secuencia de operaciones que se realizan automáticamente es:

- 1.- Desplazamiento en rápido hasta la cota programada.
- 2.- Bajada de la hta. en rápido hasta la cara superior de la pieza.
- 3.- Rotación de la herramienta.
- 4.- Avance a la velocidad de trabajo hasta la profundidad programada.
- 5.- Parada del mandrino.
- 6.- Retorno en rápido hasta la cara superior de la pieza.

Función G87

Permite también realizar mandrinados y la única diferencia con la función G86 es que ahora la velocidad rápida se controla manualmente.

Función G88.

Mediante esta función preparatoria se programan también mandriandos.

Se ejecuta según la misma secuencia de operaciones - que en el ciclo anterior, salvo que en este caso se realiza cuando se alcanza la profundidad final programada, una para

da temporizada del mandrinado.

Función G89.

Esta función preparatoria permite realizar también - mandrinados. Su secuencia de operaciones es la siguiente:

- 1.- Desplazamiento a velocidad de avance hasta la cota programada.
- 2.- Bajada de la herramienta hasta la cara superior de la pieza.
- 3.- Rotación de la herramienta.
- 4.- Avance de la velocidad de trabajo hasta la profundidad final programada.
- 5.- Parada temporizada del mandrino.
- 6.- Retorno a velocidad de trabajo hasta la cara superior de la pieza.

Función G90-G91.

Mediante estas funciones preparatorias se indican - al control cómo se ha realizado la programación de la cota a alcanzar. La función G90 indica que se ha realizado una programación absoluta (respecto al cero de la pieza). La función G91 indicará que lo que se ha programado es una cota relativa o distancia a recorrer, según los ejes (tomando como origen el punto anterior del trayecto).

Función G92.

Mediante la función se puede desplazar el cero a -

cualquier punto del sistema de coordenadas de la máquina. Cuando esta función aparece en un bloque, los registros de posicionamiento de los ejes son modificados de acuerdo con los valores escritos con las direcciones de los ejes.

Función G93.

Mediante esta función preparatoria se suministra la velocidad de avance como inversa del tiempo en minutos, necesario para ejecutar los bloques.

Función G94

Con esta función preparatoria se indica al control que la velocidad de avance está programada en mm/min. (o en pulgadas/min).

Función G95.

Con esta función se indica al control que la velocidad de avance está programada en mm/vuelta, es decir, que se programa el recorrido del útil por cada vuelta del husillo. Esta función preparatoria es especialmente útil en -- los equipos para tornos.

Función G96.

Con esta función preparatoria se indica al control que debe modificar la velocidad de giro del husillo, de -- tal forma que la velocidad de corte se mantenga constante.

Con G96 se programa la velocidad de corte bajo la dirección S, directamente en metros/min. (o en pies/min.). Así por ejemplo, G96 S100 programa una velocidad de corte constante de 100 m/min.

La velocidad de giro del husillo W se modifica constantemente en función del diámetro X de la pieza, según la fórmula:

$$V = W \cdot X; \quad W \cdot X = \text{Cte.}$$

La ecuación anterior representa una familia de hipérbolas equiláteras.

De esta forma se consiguen mecanizaciones (un refrendado, por ejemplo) muy precisas y mayor calidad en el mecanizado.

Resulta obvio pensar que cuando se programa la función G96 deberá limitarse previamente la velocidad de giro máxima del husillo principal. Pues de lo contrario, al acercarse al cero del eje X, la velocidad de giro del husillo principal tendería al infinito, y esto ocasionaría que se destruyera la transmisión.

Esta velocidad de giro máxima se puede programar utilizando la dirección S y una función preparatoria. Esta función es especialmente importante en los equipos para tornos.

Función G97.

Mediante esta función se indica al control que la velocidad de giro programada con la dirección S está expresada directamente en r.p.m.

Así por ejemplo, G97S1000 indica que la velocidad de giro del husillo debe ser 1000 r.p.m.. Esta función G97 anula a la G96 y viceversa.

Ahora diremos que todas las funciones preparatorias de un equipo de control num. son internamente reconocidas. Las funciones preparatorias no reconocidas internamente no pueden ser codificadas externamente por el usuario.

Debemos recordar nuevamente que los significados dados a las funciones preparatorias son los más usuales en los equipos actuales; sin embargo, no es extraño encontrar equipos que utilizan en algunos casos otros significados para esas mismas funciones, como veremos más adelante.

Para comprender mejor estas funciones preparatorias analizaremos las más importantes de un equipo específico. Pero antes introduciremos una descripción de las funciones auxiliares.

III.3.4 FUNCIONES AUXILIARES

En algunas ocasiones estas funciones auxiliares M, reciben también el nombre de funciones complementarias, - para el objetivo de este trabajo se manejarán como funciones auxiliares.

Se utiliza la letra M como dirección de las funciones auxiliares. Las funciones auxiliares asignadas se usan para indicar a la máquina-herramienta que debe realizar ciertas operaciones: parada programada, cambio de -- útil, refrigeración del útil, etc.

Las funciones auxiliares no asignadas las puede utilizar el operario o programador de la máquina herramienta - para controlar operaciones a voluntad.

La asignación de las funciones auxiliares no reconocidas por el control la debe hacer el operario mediante la correspondiente decodificación externa.

Para este fin, los controles numéricos suministran - al exterior, normalmente en código BCD (Código Binario De cimal), el valor de la función auxiliar programada. Si - el control numérico utiliza un formato M2, se pueden programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes. 'De estas -- funciones, parte son reconocidas por el control y el resto

pueden ser decodificadas a voluntad del usuario. El número de líneas de salida para su decodificación externa será, -- por tanto, de ocho. Pues en la programación se emplean -- ocho canales. Sin embargo en los controles actuales no son necesarias las decodificaciones, pues las funciones necesarias para accionar los dispositivos con los que la máquina cuenta, las tiene reconocidas el control.

Por otro lado, se requiere disponer de relevadores - electrónicos o contar con acopladores ópticos y por supuesto tener conocimientos de electrónica para poder decodificar funciones auxiliares.

En la mayoría de los equipos sólo es posible programar una única función auxiliar en cada bloque de programa.

Las funciones auxiliares normalmente asignadas, y - que son reconocidas por el control, se mencionarán, junto - con la explicación de su función en el siguiente inciso.

III.3.4.1 IDENTIFICACION DE LAS FUNCIONES AUXILIARES NORMALMENTE USADAS

Cada una de las funciones auxiliares, al igual que todas las funciones empleadas para la programación del control numérico, tienen una función específica. A continuación identificaremos las funciones auxiliares más usadas.

Función MOU

Esta función auxiliar hace una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración. - La parada en la ejecución del programa se realiza después de ejecutar el resto de instrucciones contenidas en el bloque de programa, donde se encuentra contenida la función - MOU.

Esta instrucción se usa para mediciones o usos similares. Finalizada la medición, el botón de inicio (START) permite proseguir con el mecanizado.

Función MO1.

Esta función permite una parada opcional. La validación de dicha función la realiza el operador, pues el control de operación dispone de un conmutador (Swicht), - que tiene dos posiciones, "on", y "off". Si el conmutador está en la posición on, la máquina ejecutará la parada programada, pero si el conmutador está en posición off, la parada programada no se llevará a cabo, por tal razón, se conoce a esta función, como parada opcional.

Función MU2.

Esta función indica el fin del programa. Esta función se debe escribir en el último bloque del programa y - posibilita la parada del control una vez que han sido eje-

cutadas el resto de las instrucciones contenidas en este --
bloque final.

Función M03.

Esta instrucción permite programar la dirección de rotación del husillo en sentido antihorario.

Función M04.

Esta función permite programar la dirección del husillo en sentido horario.

Función M05.

Esta instrucción hace la parada del husillo. Esta parada se puede realizar dependiendo del control de distintas formas. Esta función también hace el fin de la refrigeración de la herramienta y de la pieza de trabajo, -- pues el refrigerante tiene doble función, refrigerar la herramienta y no permitir un calentamiento excesivo de la pieza que se mecaniza.

Función M06.

Esta función programa un cambio, manual o automático, de herramienta. Normalmente existe una lámpara en el panel que al encenderse indica al operario que debe cambiar la herramienta, esto es cuando los cambios son manuales.

Cuando los cambios son automáticos, el control, al leer la instrucción M06 lo ejecuta automáticamente.

Función M07 - M08.

Estas funciones se utilizan para provocar distintas formas de refrigeración de la herramienta y de la pieza, - pues como se menciona renglones antes, también se aprovecha para refrigerar la pieza de trabajo.

Cuando se refrigera la pieza de trabajo, es más fácil controlar las dimensiones finales, pues casi se elimina por completo la dilatación, y por tanto el trabajo será de de mayor calidad.

Función M09.

Esta función detiene cualquier tipo de refrigeración del útil y de la pieza que pudiera existir en ese instante.

Función M17.

En algunos equipos esta función se escribe en el último bloque de una subrutina y se utiliza para indicar el final de dicha subrutina.

Función M30.

Esta instrucción se utiliza para programar un fin de programa, pero con salto al principio del mismo. En los --

equipos con cinta perforada, esta instrucción provoca el -
reembobinado de la cinta hasta el caracter del principio -
del programa.

En los equipos actuales sin cinta perforada, esta -
instrucción provoca un salto del programa hasta el primer
bloque contenido en la memoria de programa, obviamente re-
firiéndose a ese programa en particular, pues pueden existir
varios programas en la memoria del control.

Función M36.

Esta función auxiliar se utiliza para indicar al --
control que la velocidad de avance es la programada median-
te la instrucción F4.

En general, esta función se utiliza para especificar
una gama de velocidades de avance, obtenidas por una -
caja de velocidades adicionales.

Función M37.

En general, se utiliza para especificar, como en el
caso anterior, una gama de velocidades de avance.

En algunos equipos se utiliza para corregir la velo-
cidad de avance programada con F4, en un factor de 1/100.

Función M98,

Esta función auxiliar, es utilizada para indicar al

control que interrumpa el proceso del programa principal, - y que ejecute antes de proseguir con éste, un subprograma, - también conocido como subrutina.

Para realizar este salto del programa principal al - subprograma, se emplea la dirección "P" y el número asignado al subprograma.

En los controles que surgieron en principio, con la función M88, se realizan ciclos representativos de algunos bloques de los subprogramas. Posteriormente en los ejemplos se comprenderán mejor las funciones que no han sido muy claras.

Función M99.

Esta función auxiliar es empleada para regresar, de la ejecución de un subprograma a la posición siguiente del bloque el cual se ejecutó en el programa principal.

Tanto M88, como M99 se colocan al final de las instrucciones del bloque que contiene estas funciones.

Normalmente no se suelen asignar más funciones auxiliares.

Conocidas las funciones auxiliares más importantes, aunque actualmente los controles modernos utilizan otras, - o las mencionadas pero con diferente función, pasaremos a

ejemplificar algunas de las funciones preparatorias más importantes.

III.3.5 EJEMPLOS DE COMO EMPLEAR LAS FUNCIONES PREPARATORIAS EN LA CODIFICACION DE LA PROGRAMACION

Como ya se mencionó, todo programa debe tener una -- identificación, esta identificación particular es un número que se etiqueta por medio de la dirección "O", posteriormente se le asigna el rango de velocidad que se ha seleccionado, -- en seguida se le proporcionan las coordenadas de inicio que se calcularán en base al tipo de máquina y la herramienta -- a utilizar. Esto conforma el encabezado de cualquier programa.

Ejemplo de Encabezado

```
O 001
NO1 G00M38
NO2G50 X x Z z S s
NO3 - - -
```

Como se puede observar, en primer lugar aparece el -- número de programa, a continuación aparece el rango M38, -- que es asignada por medio de la función "G00", posteriormente aparece la función G50 con la cual se asignan las coordenadas de inicio X y Z minúsculas, que se calculan a partir de la distancia existente desde la punta de la herramienta

ta hasta el punto cero del programa; asignado por el programador.

La leta "s" minúscula, representa el límite de la velocidad en revoluciones por minuto (rpm), la dirección - S, en combinación con G50 proporciona a la máquina información de que no deberebasar la velocidad preestablecida.

Este encabezado debe aparecer en todo programa, la demás información se presentará a conveniencia del programador atendiendo el proceso de mecanizado.

III.3.5.1 EJEMPLOS DE FUNCIONES

Para poder dar los ejemplos, indicaremos la figura

III.6

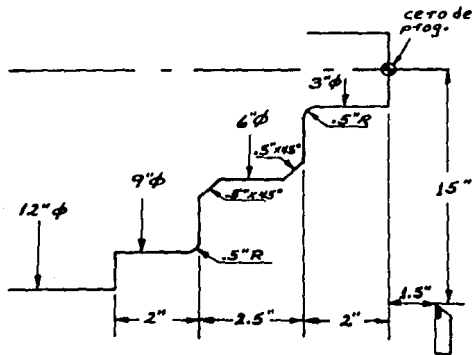


FIG. III. 6.

Las dimensiones indicadas en la figura III.6 están acotadas en pulgadas. En este ejemplo el cero del programa se ubica en la cara de la pieza, pero este cero puede colocarse en el sitio que más convenga a criterio del programador.

El programa de la figura III.6 es el siguiente:

```
Ø 01
N01G00M39
N02G50X30.0" Z1.5" S1000
N03G96S0300M03
N04G00T0100
N05X3.0X1.0
N06 T0101 M08
N07 G01Z0.0F.05
N08 Z-1.5 F.01
N09G02X4.0Z-2.0I0.5K0.0
N10G01X5.0
N11X6.0Z-2.5
N12Z-4.0
N13X7.0Z-4.5
N14X8.0
N15G03X9.0Z5.0I0.0K-0.5
N16G01Z-7.5
N17 X 12.0
N18X12.5 M09
```

N19G00X30.0Z1.5

N20 T01U0

N21M05

N22M02

Como puede observarse en el ejemplo anterior se encuentran las funciones G00 y G50 ya mencionadas. También se incluye la función G96 que establece realizar el mecanizado a 300 pies por minuto (SFPM), y que además el giro de la máquina será en contra de las manecillas del reloj (M03).

Por otro lado tenemos la función T0100, que se encarga de colocar en posición de corte a la herramienta número 01, sin asignar margen de ajuste (offset), bloque N04.

En el bloque número 6 (N06) se tiene la asignación de un margen de tolerancia 01 en la herramienta 01, pues se tiene la función T01U1. En este mismo bloque N06 se encuentra el varío (misceláneo) M08, que proporcionará refrigerante al útil y a la pieza de trabajo.

En el bloque N09 está la función G02 que corresponde a la ejecución de mecanizado circular en contra de las manecillas del reloj; dadas las coordenadas finales del arco, también se incluyen las direcciones I y K que contienen las distancias de la punta de la herramienta hasta el centro del radio del arco a realizar, estas distancias son reconocidas sobre líneas paralelas a los ejes de coordenadas.

En el bloque N15 se encuentra la función G03, que al igual que G02 corresponde a un mecanizado circular, sólo que G03 es en favor de las manecillas del reloj. La -- demás información sólo establece las coordenadas de cada punto a interpolar. Finalmente en el bloque N21 se tiene el misceláneo M05 que realiza el paro del husillo principal. En el bloque N22 se tiene el misceláneo M02, que indica la terminación del programa. Para realizar la terminación del programa, es conveniente regresar al punto de inicio que se ejecuta en el bloque número N19, además de cancelar el off-set en el bloque N20.

No debe olvidarse finalizar cada bloque con su correspondiente instrucción dependiendo del equipo, esta instrucción sólo sale en la cinta nunca en el listado del programa.

III.3.5.2 OPCIONES ADICIONALES

Dentro de las funciones existen algunas opcionales, dentro de estas funciones se encuentran los ciclos fijos y los ciclos enlatados. A continuación analizaremos los más importantes.

1.- CICLO DE CORTE "A" RECTO.

Para la ejecución de este ciclo se utiliza la función G90. Este ciclo puede ser realizado recto y también cónico, como se verá más adelante, en las figuras III.7 y III.8.

grama se ha colocado en la parte posterior de la pieza.

El ciclo de corte "A" muestra cuatro pasos, el primero es ejecutado con avance rápido (R), y el cuarto, el segundo y tercero con avance controlado (F). Este ciclo es ejecutado sólo con la función G90 siguiendo la trayectoria punteada dada tan sólo por las coordenadas de este bloque y su avance controlado.

2.- CICLO DE CORTE "A" CONICO

Para la realización de este ciclo sólo se le adiciona la dirección I, que representa la desviación de la herramienta en X.

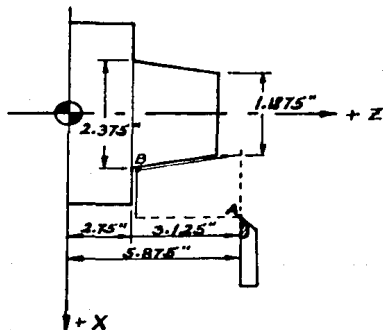


FIG. III. 8.

Al igual que en el caso anterior.

La programación absoluta es:

N - - -

- G50X3.875 Z5.875

- G90X2.375 Z2.751-0.5937 F.012

La programación incremental es:

N - - -

- G50 X 3.875 Z 5.875

- G90 U-1.5W-3.1251-0.5937F0.12

Donde la dirección I ejecuta la desviación en "X", pero asignada en radio que representa la diferencia entre los diámetros 2.3/5 y 1.1875, esta diferencia es 1.1875 en dos es; 0.5937.

3.- CICLO AUTOMATICO PARA ROSCADO

Uno de los ciclos de roscado es ejecutado por medio de la función G92, que analizaremos en seguida.

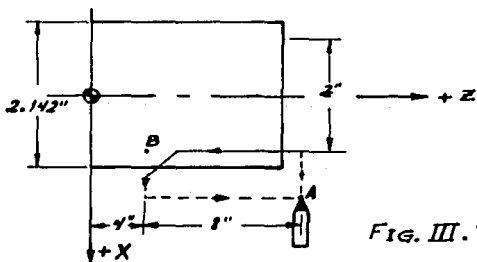


FIG. III. 9.

La programación se realiza en la siguiente forma:

```

N - - -
  - G50X3.5 Z12.0
  - G92X2.122 Z4.0 F.125
    X2.102
    X2.082
    X2.062
    X2.042
    X2.022
    X2.012
    X2.002
    X2.000
  
```

La máquina ejecuta al final de la rosca un ángulo - a 45°, que el programador indicará de que distancia. Si no se requiere el ángulo entonces se elimina con un misceláneo M53 en el bloque anterior al que contiene a G92, entonces - la máquina ejecutará el roscado hasta el final del punto B, y saldrá la herramienta a 90° en dicho punto.

Una vez comandada la función G92, sólo se le indi-- can las coordenadas de X en cada corte, y la máquina toma la misma longitud en Z y el mismo avance F, hasta finali-- zar el roscado.

También puede programarse en forma incremental indi-- cando cada corte con el correspondiente incremento desde - el punto A.

Cuando la rosca es cónica, sólo se adiciona la dirección I idéntica que en el caso del CICLO DE CORTE "A" CONICO, en el bloque donde aparece el comando G92, los demás bloques permanecen igual.

N - - -

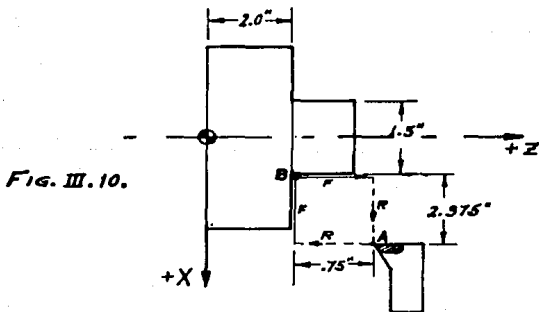
- G00 X x Z z M53
- G92 X x Z z I i F f.

Cuando el roscado es impar como en el caso de tres hilos por pulgada, es conveniente utilizar en lugar de la dirección "F", la dirección "E", pues ésta admite hasta seis decimales, y esto da más exactitud al avance del -- paso (Lead).

G92 X x Z z I i E. 333333

4.- CICLO DE CORTE "B" RECTO

Este ciclo es comandado por medio de la función G94.



Este es un ciclo similar al ciclo "A", sólo que éste es frontal.

La R indica rápido en la figura y la F, indica avance programado.

La programación es:

N - - -

- G50 X 6.25 Z 2.75

- G94 X 1.5 Z 2.0 F:01

5.- CICLO DE CORTE "B" CONICO

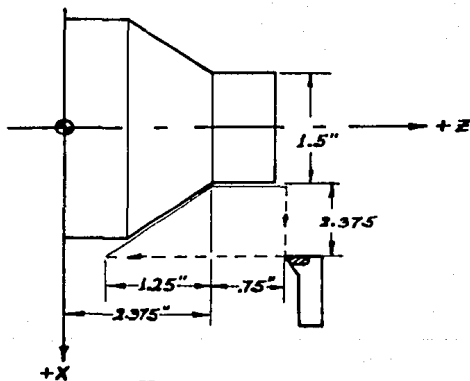


Fig. III.11.

Igual que en el ciclo "A" cónico se requiere de una dirección que indique la desviación, para este caso es la dirección "K", pues la desviación es en Z.

La programación queda de la siguiente forma:

N - - -

- G50 X 6.25 Z 3.125

- G94 X 1.5 Z 2.375 K - 1.25 F.008

El ciclo "B", tanto recto como cónico, también se le conoce como ciclo de careado.

III.3.5.3 CICLOS ENLATADOS

Existen ciclos automáticos de mecanizado con características muy particulares cada uno. A continuación los analizaremos.

1.- CICLO ENLATADO DE DESBASTE

Para poder analizar este ciclo, nos basaremos en la figura III.12. siguiente.

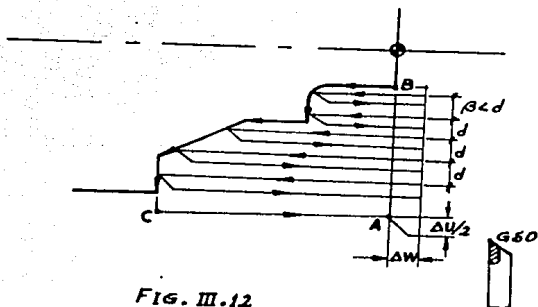


FIG. III.12

Este ciclo enlatado se ejecuta con el comando G71, y con sólo un bloque y los bloques correspondientes al copiado de, terminado del mecanizado, la máquina ejecuta los pases de desbaste indicados por las flechas.

El procedimiento para programar es el siguiente:

```
N001 G50 X___ Z___ S___
```

```
} }
```

```
N005 G00 X A Z A
```

```
N006 

|     |      |            |             |             |            |            |            |
|-----|------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| G71 | P007 | Q <u>q</u> | U <u>au</u> | W <u>aw</u> | D <u>d</u> | F <u>f</u> | S <u>s</u> |
|-----|------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|


```

Para identificar mejor cada una de las funciones se han encerrado en cuadros.

La dirección "P" indica al control desde que blo--

que debe ejecutarse el ciclo.

"q" indica donde termina el ciclo.

"AU" representa la desviación necesaria para poder dar posteriormente el acabado. Esta desviación es en el eje X, y es en diámetro.

"AW", representa también la desviación pero en el eje "Z", y ésta sí es absoluta.

"d", es el incremento en cada movimiento de corte, o sea representa la profundidad de corte en cada pase.

"f", es el avance con que será ejecutado el ciclo.

"s", es la velocidad de corte con la que se realizará dicho ciclo.

Al finalizar cada uno de los pases, la herramienta sale formando un ángulo de 45° como se muestra en seguida en la figura III.13

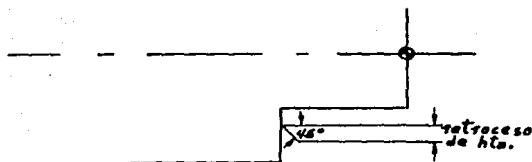


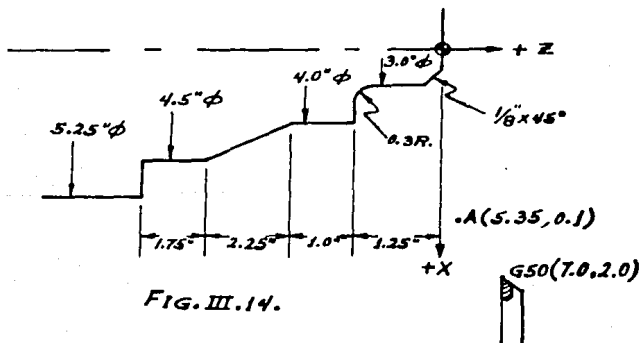
FIG. III.13.

En este ciclo, al finalizar todos los pases de desbaste, ejecuta un perfilado siguiendo la trayectoria del perfil de la pieza, eliminando los escalones que se forman en cada pase de desbaste. El perfilado respeta la desviación, tanto en "X" como en "Z". Esta desviación es el material que se deja con el fin de dar a la pieza de trabajo un terminado.

En la figura III.12, aparece un " β " que representa el último pase, éste siempre es menor en profundidad que los demás $\beta < d$.

EJEMPLO DE PROGRAMA PARA CICLO DE DESBASTE "G71".

Para este ejemplo se utilizará una desviación para acabado de 0.01". A esta desviación también se le conoce como tolerancia para acabado.



El programa de la figura 111.14 es el siguiente:

```
N01G00M39
N02G50X7.0Z2.0 S1500
N03 G96 S0400 M03
N04 G00 T0100
N05 T0101
N06 G00 X 3.35 Z0.1
N07 G71 P08 Q17 U0.02W0.01 D0200F0.08
N08 G00 X 2.75
N09 G01 Z0.0
N10 X 3.0 Z-0.125
N11 Z-0.95
N12 G02 X 3.6 Z- 1.25 I0.3K0.0
N13 G01 X4.0
N14 W-1.0
N15 X4.5 W-2.25
N16 Z-6.25
N17 X5.35
N18 G00X7.0 Z2.0 T0100
N19 M05
N20 M02
```

Cuando el ciclo G71 ha sido concluido, puede continuarse programando otras funciones si así se requiere, si no es así, se termina el programa con M02, como en el bloque N20.

2.- CICLO ENLATADO DE DESBASTE FRONTAL

Al igual que en el caso del comando G71, en el caso de desbaste frontal, también llamado refrentado, se comanda con una sola función preparatoria, esta función es G72. Para representar este mecanizado nos auxiliaremos de la siguiente figura III.15.

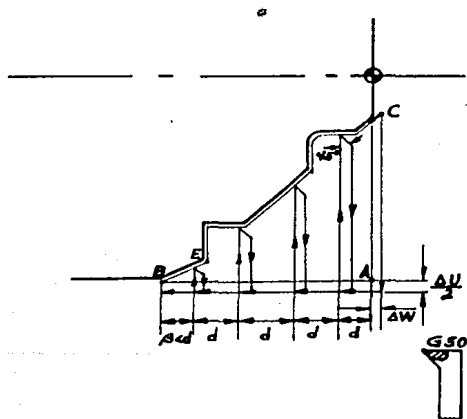


Fig. III.15.

El procedimiento de programación de la figura III.15 es el siguiente:

N201 G50 X x Z z S s

} }

N205 G00 X a Z a

N206

G72	P207	Q215	U <u>uv</u>	W <u>w</u>	D <u>d</u>	F <u>f</u>	S <u>s</u>
-----	------	------	-------------	------------	------------	------------	------------

N207 Un comando para moverse al punto B, con G00.

N208 Un comando para moverse al punto E, con G01.

} }

N215 Un comando para moverse al punto c, con G01.

Donde:

- P : es la dirección que indica el número de bloque en el cual debe ser iniciado el ciclo.
- Q : es la dirección que indica el número de bloque donde termina el ciclo.
- U : El valor de esta dirección, que es U, indica la cantidad en diámetro de material que debe quedar para el terminado, dado que es en diámetro, este valor - corresponde al eje "X".
- W : Al igual que en la dirección inmediata anterior, su valor representa el material que se deja para terminado, sólo que en este caso en el eje "Z".
- D : El valor de esta dirección, que es "d", representa la profundidad de corte de cada pase.

- F : representa el avance de corte, regularmente en pulgadas por revolución.
- S : Indica la velocidad del husillo principal en RPM o en pies por minuto.

En la figura III.15 aparece un β , es el último corte, siempre menor que los demás $\beta < d$.

Para ilustrar el ciclo de desbaste frontal, realizaremos un ejemplo numérico basado en la figura III.16.

EJEMPLO DE PROGRAMA PARA EL CICLO DE
DESBASTE "G/2"

Para este ejemplo se utilizará una desviación para acabado de 0.01".

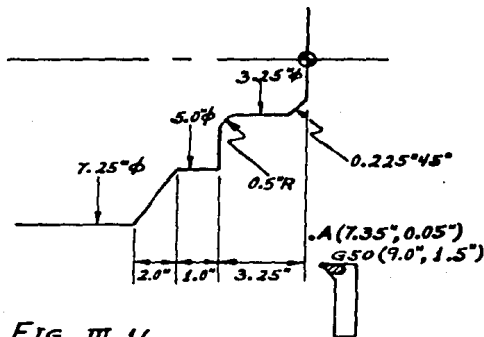


FIG. III.16.

La secuencia del programa es la siguiente:

N001 G00 M38
 N002 G50X9.0 Z1.5 S1500
 N003 G96 S0400 M03
 N004 G00 T0100
 N005 X7.35 Z0.05
 N006 T0101
 N007 G72 P008 Q015 U0.02W0.01 O2U00
 N008 G00 Z-6.25
 N009 G01 X7.25
 N010 X5.0 Z- 4.25
 N011 W1.0
 N012 X4.25
 N013 G03 XJ.25 Z-2.75 I0.0 KU.5
 N014 G01Z-0.225
 N015 X2.7 Z0.05
 N016 G00X9.0Z1.5
 N017T0100
 N018 M05
 N019 M02

En este programa puede continuarse, o darse por terminado como es el caso en N019, que contiene un comando de terminación de programa M02.

Es indiscutible que en los dos casos anteriores no se ha dado el terminado, pues éste es un ciclo que se tratará posteriormente.

3.- CICLO ENLATADO DE DESBASTE EN PERFILADO

Este ciclo enlatado a diferencia de los anteriores, cada uno de los pases sigue el perfil de la pieza terminada, de tal forma que no necesita un pase final de perfilado.

Para ilustrar esta operación, iniciaremos con la siguiente figura III.17.

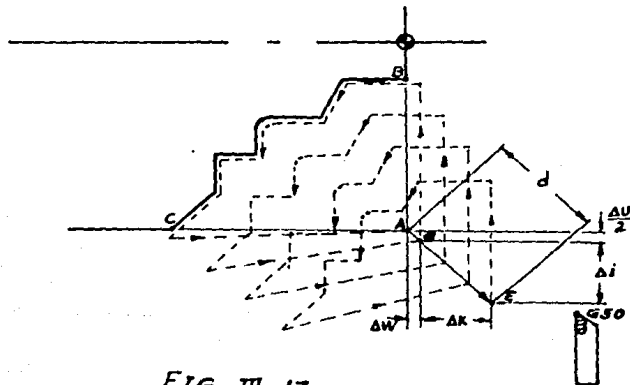


FIG. III. 17.

La secuencia del programa de la figura III.17 es -
la siguiente:

N01 G50 X x Z z S s

} }

N05 G00 X a Z a

N06

G73	P07	Q16	Iaj	Kak	Uay	Waw	Dd	Ff	Ss
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

N07 Se comanda un movimiento con G00 al punto B.

N08 Se comanda al punto siguiente con G01.

} }

N15 Se comanda un movimiento al punto C.

N16 Se comanda un movimiento al punto G, con G00.

Se regresa al punto de inicio de G50.

donde:

P : representa el bloque donde inicia el ciclo.

Q : representa el bloque donde termina el ciclo

i : indica el relieve de material a remover en el eje X,
ahora si se indica en radio.

K : indica el relieve de material a remover en el eje Z.

U : el valor de esta dirección representa la cantidad de
material a dejar para el acabado en el eje X, conside
rado en diámetro.

W : al igual que en la dirección anterior, ésta también -
representa el material necesario para el acabado, pe-
ro en el eje Z, este valor es absoluto.

- D : representa el número de pases
 F : es el avance de corte
 S : es la velocidad del husillo principal.

RECOMENDACIONES CUANDO SE USE EL CICLO DE
 PERFILADO G73.

- a).- El programador debe calcular los valores de; Δi , Δk , Δu , Δw y d . También se debe considerar que la herramienta no debe interferir con la pieza de trabajo o con algún otro obstáculo.
- b).- La herramienta de corte regresa al punto A cuando el ciclo finaliza.
- c).- En la aplicación de este ciclo, la herramienta debe ser programada dirigiéndose en el orden de; el punto A hacia el punto B, y de éste al punto C respectivamente.
- d).- Desde que ahí están los cuatro copiados de corte en perfil, estos deben tomar en consideración cuando se programan Δi , Δk , Δu , y Δw , estos valores deben ser designados con signo positivo (+).

EJEMPLO PRACTICO DEL CICLO DE DESUASTE EN PERFILADO

Tomando como referencia la figura III.18 se indicará la forma en que se debe realizar la programación de este ciclo.

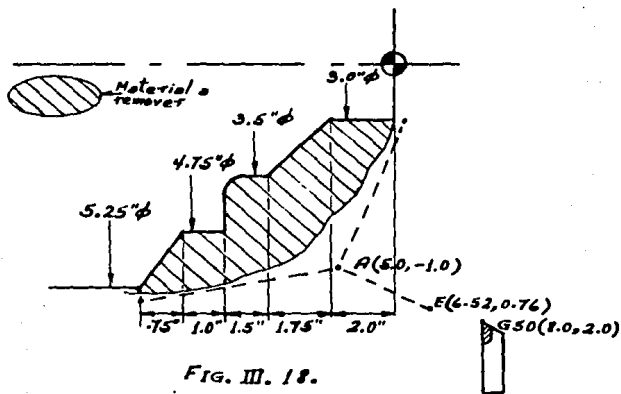


FIG. III. 18.

Para este ejemplo que aquí se analiza, se utilizará una desviación de material para el acabado de diez milésimas de pulgada (0.01").

El programa correspondiente a la figura III.18, utilizando el comando G73, es el siguiente:

NOU1 G00 M38
NOU2G50 X 8.0 Z2.0 S1500
NOU3G96 S0400 M03
NOU4 G00 T0100
NOU5 X 5.0 X-1.0
NOU6 T0101
NOU7 G73 P008Q016 I0.76K 1.76 U0.02W0.01 D4 F0.02
NOU8 G00 X3.0 Z.25
NOU9 G01 Z-2.0
NOU10 X3.5 W-1.75
NOU11 W-1.2
NOU12 G02 X4.0Z-5.25 I0.3 K0
NOU13 - 01 X4.75
NOU14 W-1.0
NOU15 X5.25 Z-7.0
NOU16 X 5.75
NOU17 G00 X8.0 Z2.0.
NOU18 T0100
NOU19 M05
NOU20 M02.

El programa inmediato anterior no ha sido terminado, pues todavía tiene la pieza, la desviación para acabado. - En el bloque NO20 está M02 por si no se le hubiese dejado

desviación. En todos los ciclos enlatados no se ha terminado el programa, a continuación analizaremos el ciclo enlatado de acabado, pues ya analizamos los ciclos enlatados de -- desbastes.

4.- CICLO ENLATADO DE ACABADO

Dado que ya analizamos los ciclos enlatados de desbastes en sus posibles formas de torneado, es necesario contar con un ciclo de acabado.

Es necesario mencionar que el ciclo de acabado es comandado con la función preparatoria "G70", y que es utilizada para programar el acabado en conjunto con cualquiera - de las funciones de los ciclos enlatados de desbaste, sea ésta G71, G72 o G73.

El procedimiento de programación es el siguiente:

N001, en este bloque inicia alguno de los ciclos de desbaste.

}

N ~

G70	P	-p-	Q	-q-
-----	---	-----	---	-----

N ~ regreso al punto de inicio

N ~ fin de programa

Donde:

- P ; es el número de bloque donde el ciclo comienza, comúnmente contenido dentro del ciclo de desbaste.
- Q ; es el número de bloque donde el ciclo termina - también contenido en el ciclo de desbaste.

Sugerencias:

- a).- Cuando se utilice G70, es conveniente, que si la rugosidad de la pieza, cambia en sus diferentes dimensiones de la pieza, es conveniente codificar diferentes avances en los bloques del ciclo de desbaste, pues - estos mismos bloques son utilizados en G70.
- b).- Si G70 no es utilizado, entonces no será necesario considerar el inciso "a", pues los ciclos de desbaste trabajan con el avance que se encuentra en el bloque donde se comanda el ciclo.

Para ver con más claridad este caso, nos remitimos - a un ejemplo que se basa en la figura III.19.

En este caso tendremos una desviación o tolerancia para acabado de cincuenta milésimas de pulgada (0.05"). - Y tendremos dos herramientas, una para desbaste y la otra para acabado.

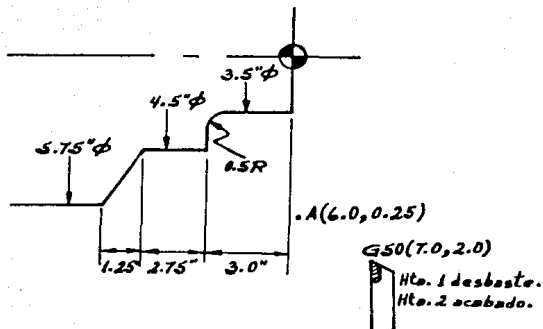


FIG. III.19.

Como ya se ha mencionado que G70, va en combinaci3n con alg3n comando de desbaste, utilizaremos en este caso - el comando de desbaste G71, con el cual programaremos el - desbaste de la pieza representada en la figura III.19. , y utilizar el ciclo enlatado G70 para dar el terminado de la pieza. Es conveniente hacer notar que en este caso, - el punto de inicio (Home), es com3n para las dos herramien- tas. Habr3 casos donde este punto es diferente, por tanto las coordenadas de G50, ser3n diferentes.

Secuencia del Programa de la figura III.19.

N001 G00 M38
N002 G50 X 7.0 Z 2.0 S1500
N003 G96 S0400 M03
N004 G00 T0100
N005 X 6.0 Z 0.25
N006 T0101
N007 G71 P008 Q13U0.1 W0.05 D 2500 F0.02
N008 G00 X 3.5
N009 G01 Z-2.5 F0.006
N010 G02 X 4.5 Z - 3.010.5 K0
N011 G01W-2.75 F0.015
N012 X 5.75 W - 1.25
N013 X 6.0
N014 G00 X 7.0 Z 2.0
N015 T0100
N016 T0202
N017 G00 X 6.0 Z0.25
N018 G70 P008 Q013
N019 G00 X 7.0 Z 2.0
N020 M05
N021 M02

Como puede observarse, el empleo del comando G70, - es muy sencillo, pues después de terminar el ciclo de desbaste, se cambia la herramienta si es necesario, y con un

solo bloque se programa la misma secuencia, y como en este caso no se tiene U y W, ya no se deja material. Si es conveniente se puede dar el acabado con la misma herramienta de desbaste.

5.- CICLO DE RANURADO FRONTAL

Este ciclo permite realizar cortes de ranurado en la cara de las piezas, en forma de movimientos automáticos, al igual que los ciclos enlatados anteriores.

Este ciclo es muy eficiente, ya que realiza movimientos alternativos. Con la particularidad de desplazamientos laterales de esta forma, se pueden maquinar ranuras -- de cualquier tamaño que se desee.

Con el objeto de comprender mejor este ciclo, ilustraremos con una gráfica el funcionamiento de dicho ciclo.

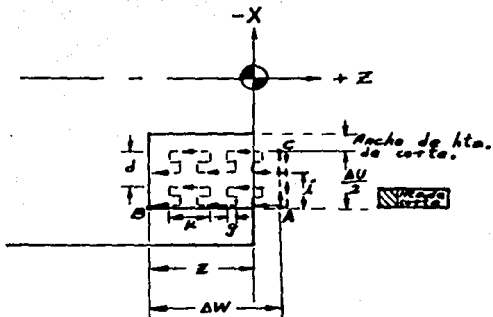


FIG. III.20.

El procedimiento para la programación de este ciclo es el siguiente:

N001 G50 X -- Z --- S (Coordenadas de casa)

N005 Se comanda un movimiento al punto A.

N006

G74	X <u>x</u>	Z <u>z</u>	I <u>i</u>	K <u>k</u>	D <u>d</u>	F <u>f</u>	E B
-----	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----

Si se desea utilizar el sistema de programación incremental será:

N006

G74	U <u>ΔU</u>	W <u>ΔW</u>	I <u>i</u>	K <u>k</u>	D <u>d</u>	F <u>f</u>	E B
-----	-------------	-------------	------------	------------	------------	------------	-----

N - - - Retorno a casa

N - - - Fin de programa

Donde:

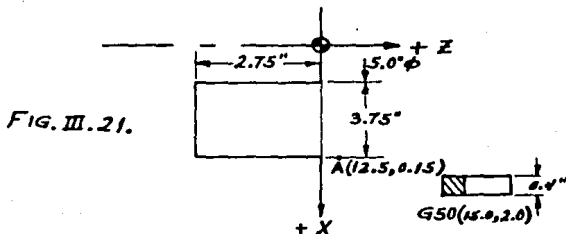
- X : Es la coordenada en "x" del punto "c", hasta donde debe viajar el punto programado de la herramienta.
- U : Es la distancia en el eje "x" comprendida entre los puntos A y C. Esta distancia deberá contener el signo de dirección de corte.
- Z : Es la coordenada en el eje Z, del punto "B".
- W : Es la distancia en el eje "Z" comprendida entre los - puntos A y B. Esta distancia deberá contener el signo de dirección de corte.
- I : Es el desplazamiento que la herramienta ejecutará después de haber terminado un ciclo alternativo de corte, este desplazamiento será ejecutado tantas veces como - la ranura lo requiera, dada su magnitud en tamaño, y dependiendo de la magnitud "i".
- K : Es la profundidad de corte que realiza la herramienta en cada movimiento alternativo.
- D : Esta es una pequeña distancia que se programa con el - fin; de que, al salir la herramienta en el último - corte, no marque en la pared de la pieza una helicoidal. Esta distancia es ejecutada en el eje X.
- F : Esta dirección como en toda programación, indica el - avance de corte por cada revolución,

SUGERENCIAS CUANDO SE UTILIZA EL CICLO
DE RANURADO "G74"

- a).- Los signos (+) y (-) para ΔU y ΔW son usados en la instrucción de dirección de movimiento del punto A al C, y -- del punto A al B.
- b).- La dirección D debe tener un signo opuesto al que se asigna a la dirección "U". El signo de D puede ser omitido si la cantidad asignada a esta dirección es cero ($D=0$). En este caso el cortador sólo tendrá un movimiento recíprocante.
- c).- Empleando en este ciclo el inciso "b", y omitiendo las direcciones X (U) e I, puede realizarse un taladrado.
- d).- La profundidad del corte inicial es "K", la profundidad de los cortes subsecuentes en cada movimiento es calculado como "K-g".
- e).- La herramienta de corte regresa al punto A después de haber completado el ciclo de corte.
- f).- El valor de la retracción "g", es preestablecido en la máquina por un parámetro en su programa maestro.

Con el objeto de que se comprenda mejor, y se pueda manejar con seguridad el ciclo de ranurado frontal, a continuación se muestra un ejemplo práctico.

Para ilustrar el ejemplo antes mencionado utilizaremos la siguiente figura: III,21,



```

N001 G00 M38
N002 G50 X 15.0 Z2.0 S1500
N003 G96 S0090M03
N004 G00 T0100
N005 T0101 M08
N006 X 12.5 Z 0.15
N007 G74 X 5.8 Z-2.75 I-.35 K.2 DOF.006
N008 G00 X 15.0 Z2.0 T0100
N009 M05 M09
N010 M02 6 M01
  
```

También existe un ciclo para poder ranurar externamente, se analizará a continuación.

6.- CICLO DE RANURADO EN EL DIAMETRO EXTERIOR (G75)

Al igual que el ciclo de ranurado frontal G74, este ciclo permite realizar ranurados en forma de movimientos alternativos, sólo que en este caso se realiza en la parte exterior de la pieza.

A continuación se muestra una figura donde se puede apreciar la forma en que este ciclo trabaja.

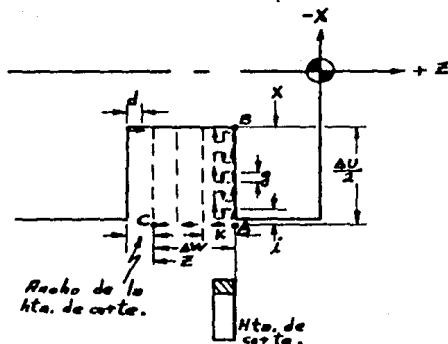


Fig. III. 22.

El procedimiento para la programación es el siguiente:

N001 Se comandan las coordenadas de casa con G50.
 } }
 N005 Se comanda un movimiento rápido al punto A.

N006

G75	X	x	Z	z	I	i	K	k	D	d	F	f	E	B
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Si se desea trabajar con el sistema incremental entonces:

G75	U	W	I	K	D	F	EO
-----	---	---	---	---	---	---	----

 }
 N - - Retorno a casa
 N - - Fin de programa

Donde:

- X : Es la coordenada componente en x del punto B.
- U : Es la distancia entre el punto A y el punto B, esta distancia debe ser acompañada con su signo correspondiente dependiendo del sentido del corte.
- Z : Es la coordenada componente en el eje Z correspondiente al punto C. Que corresponde al ancho de la ranura, menos el ancho de la herramienta de corte.
- W : Es la distancia comprendida entre los puntos A y C, - también deberá ser acompañada de su signo correspondiente al sentido de ataque del corte.
- I : Es la profundidad de corte en cada movimiento alternativo, en la dirección del eje "X". En este caso su signo puede ser omitido.
- K : Esta dirección representa el desplazamiento que la herramienta deberá realizar acumulativamente en cada corte hasta completar el ancho de la ranura. Este movimiento se realiza en el eje Z, y también se puede omitir su signo.

D : Representa una distancia pequeña que la herramienta - recorrerá en sentido contrario al de "K", esto sólo - si se desea en el último corte, con el objetivo de -- que al retirarse la herramienta no marque o deje la - huella al salir.

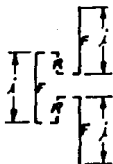
F : Como en todos los ciclos o comandos representa la can- tidad de movimiento que la herramienta ejecutará por cada revolución.

OBSERVACIONES CUANDO SE USA EL CICLO DE RANU-
RADO EXTERNO G75.

- a).- Si no existen valores positivos o negativos para los códigos I y K, éstos pueden ser asignados u omiti-- dos.
- b).- Los signos (+) y (-) para ΔU y ΔW , son designa-- dos en concordancia con el movimiento de la herra-- mienta atendiendo las direcciones del punto A al -- punto B y del punto A al punto C.
- c).- La dirección D es seguida de un vñlor suficiente pa-- ra que libre a la herramienta del último corte. La dirección de este libramiento es designada por un -- signo opuesto al del código ΔW . En este caso, este signo comandado podrá ser omitido cuando la cantidad de libramiento sea cero ($D=0$), y la herramienta de corte sólo seguirá el movimiento recíprocante en lí-- nea recta.
- d).- Después de establecer las coordenadas del filo de -

la herramienta utilizada, que pueden ser del lado derecho o izquierdo, entonces se localiza el punto A y se calcula ΔW .

- e).- El valor de la retracción "g" puede ser cargado y gravado preestableciéndolo en un parámetro.
- f).- La función G75 describe el siguiente ciclo, como se muestra abajo en la gráfica.



Movimiento de la hta. entrando y saliendo

El gráfico de la izquierda es una pequeña muestra para facilitar la comprensión del movimiento de la herramienta en la línea de un corte.

La profundidad del corte inicial es "i", las profundidades de los cortes sucesivos en cada retracción son "i-g"

F : Avance programado.

R : Movimiento rápido.

- g).- El cortador al finalizar el ciclo de corte G75, retorna al punto A.

Con objeto de comprender mejor la programación de este ciclo, realizaremos un ejemplo numérico, con la siguiente figura 111.23.

Ejemplo de programación del ciclo de ranurado externo G75.

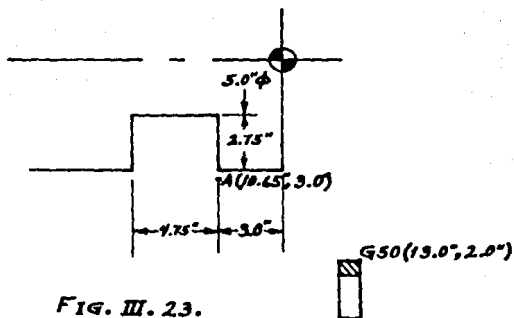


FIG. III. 23.

```

N001 G00 M38
N002 G50 X 13.0 Z 2.0 S1000
N003 G96 S0090 M03
N004 G00 T0100
N005 T0101
N006 G00 X 10.65 Z-3.0 M08
N007 G75X5.0 Z-7.35 I-.2 K-.35 D0F.006
N008 G00X13.0 Z2.0 M08
N009 M05T0100
N010 M02

```

Para finalizar con los ciclos automáticos de corte, analizaremos el ciclo de roscado de avance compuesto G76.

7.- CICLO DE CORTE COMPUESTO PARAROSCAR
G76.

Esta función G76, al igual que los ciclos anteriores es un ciclo enlatado que permite realizar una operación de roscado con un sólo bloque (número de secuencia).

En la siguiente figura mostraremos los elementos que son necesarios para la programación de este ciclo.

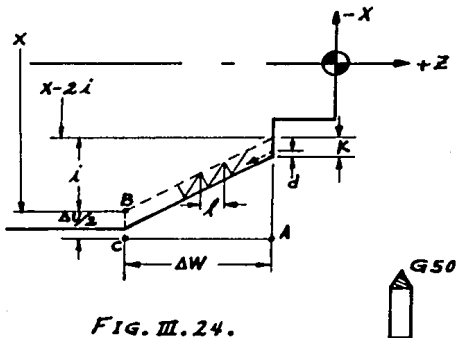


FIG. III.24.

El procedimiento de programación para el ciclo --
G76, es el siguiente:

N001 Se comandan las coordenadas de casa con el comando
 S G50 y además el límite máximo de velocidad.

N005 Se comanda un movimiento rápido hasta el punto A.

N006

G76	X	x	Z	z	I	i	K	k	D	d	A	55	ó	60	F	f	ó	e	EB
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	---	----

Si se desea trabajar con el sistema incremental -
 entonces será

G76	U	U	W	W	I	i	K	k	D	d	A	55	ó	60	F	f	ó	e	EB
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	---	----

N - - Regreso a casa con G00.

N - - Fin de programa

Donde:

- X : Es la componente o coordenada en el eje "X" de la -
 rafez en la forma de la rosca.
- U : Es la distancia comprendida o que separa a los pun-
 tos "C" y "B". Esta distancia debe estar acompañada
 de su signo dependiendo del sentido del ataque en el
 corte.
- Z : Es la componente en el eje "Z" del punto "C"
- W : Es la distancia comprendida entre los puntos "A" y -
 "C". Esta distancia es acompañada de un signo posi-
 tivo o negativo según el sentido del corte.
- I : Esta dirección es utilizada cuando se desea tallar
 (maquinar) una rosca cónica. Y representa la dife-
 rencia del punto de inicio de corte al punto final
 del corte, sobre el eje "X". También requiere su
 signo.
- K: Esta dirección representa la altura que tendrá la -
 rosca después de ser tallada, no debe llevar signo.
- D : Esta dirección indica la profundidad del primer cor-
 te, no debe llevar signo y se asigna como una dis-
 tancia radial.

A : Esta dirección representa el ángulo comprendido entre los flancos de la rosca.

F ó E: Estas direcciones proporcionan el paso de la rosca. La "F", acepta cuatro dígitos, la "E" acepta seis dígitos.

La "E", se utiliza cuando el número de filetes - requiere un avance que es insuficiente representarlo con cuatro dígitos. Por ejemplo: si se requiere tallar una rosca de seis hilos por pulgada, el paso es, 0.16666666.

Si la rosca es demasiado larga, y se programa con cuatro dígitos, en determinada distancia se pierde el paso. Por tal razón se emplea "E".

OBSERVACIONES CUANDO SE USE EL CICLO ENLATADO DE ROSCAR G76.

- a).- Si el ángulo de conocida "I" es programado como cero, es posible realizar un corte ordinario de rosca - recto.
- b).- El ángulo del flanco de la rosca puede ser designado por medio de A60 ó A55 respectivamente, según -- el ángulo de la rosca.
- c).- Otras roscas de diferente ángulo en el flanco pueden ser programadas manualmente, con esta función.
- d).- La profundidad del corte inicial es "d". El proceso computarizado en la unidad de control permite - una disminución progresiva el corte de la rosca. - Esto es, en cada corte disminuye un poco la profundidad de éste hasta finalizar con una milésima de - pulgada.

- e).- El corte de la rosca es configurado por un avance - compuesto, esto es, avanza en profundidad y siguiendo el ángulo del flanco de la rosca.



Con el propósito de comprender mejor este ciclo entalado (automático) de roscado, se presentará un ejemplo numérico a continuación.

EJEMPLO DE LA PROGRAMACION DEL CICLO AUTOMATICO DE ROSCADO G76

Para ilustrar este ejemplo, nos auxiliaremos de la siguiente figura III.25.

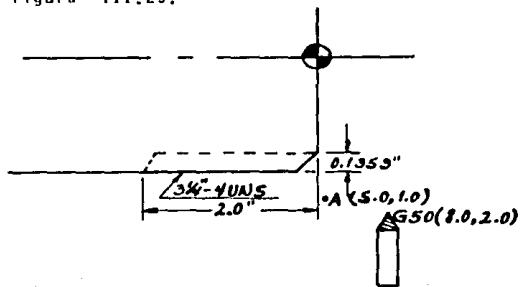


FIG. III. 25.

PROGRAMA

N001 G00 M38

N002 G50 X 8.0 X2.0 S1000

N003 G97 S0300 M03

N004 G00 T0100

N005 T0101 M08

N006 G00 X 5.0 Z 1.0

N007 G76 X 2.9794 Z-2.0 I0.0 K-0.1353 D0.010 A60 F.250

N008 G00 X8.0 Z2.0 M09

N009 T0100 M05

N010 M02.

Con este programa quedan comprendidos los llamados ciclos enlatados, que son ciclos automáticos de cortes, y que facilitan la programación en determinados casos.

III.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INFORMACION EN LA PROGRAMACION

Como se ha mencionado anteriormente, la estructura del programa consiste en una serie de instrucciones, las cuales son proporcionadas a la unidad de control en forma de cinta perforada, tarjetas, cinta magnética, disketts, etc. Estas instrucciones serán transformadas en señales eléctricas para accionar los diferentes mecanismos que componen la máquina.

Pero para codificar las instrucciones adecuadas es necesario seguir cierta metodología, en la cual sea posible aprobarse con el fin de definir diferentes variables que intervienen, así como diferentes caminos de decisión, los cuales nos servirán para transformar una serie de ideas en símbolos formados por números y letras que, una vez ordenados, constituirán el programa.

A continuación se desglosará el diagrama que debe seguir la información, para realizar un programa.

EL DIAGRAMA SE DIVIDE EN TRES ETAPAS BASICAS:

A).- Prerrequisitos:

Son las actividades y elementos previos con los que debe contar el programador para iniciar el plantea-

miento, y un cuestionamiento: ¿Qué se va a hacer? ¿En dónde se puede o debe hacer?.

B).- Preparación:

Es la etapa principal, y en la que intervienen el mayor número de variables. Se inicia al definir el plan de maquinado pasando por un desglose de operaciones y secciones de operación, designación de herramientas, definición de parámetros de corte, etc. los cuales se registrarán en documentos como es la hoja de proceso o set-up, manual de herramientas, entre otras.

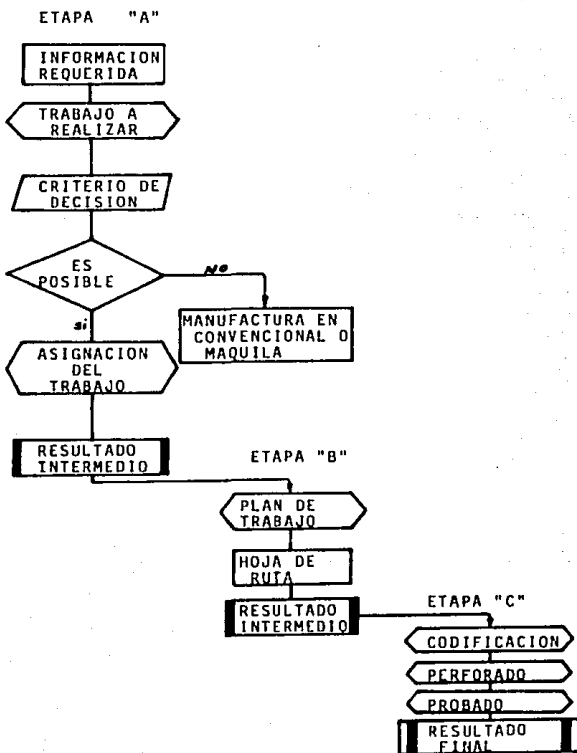
Esta etapa responde a las preguntas; ¿Dónde se va a hacer? y principalmente; ¿cómo se va a hacer?.

C).- Realización:

Es la etapa en la que, conjuntando todos los elementos y resultados de los análisis de las etapas anteriores, el programador puede convertirlos en instrucciones escritas y posteriormente en una cinta perforada o en el medio adecuado para introducir al control la información.

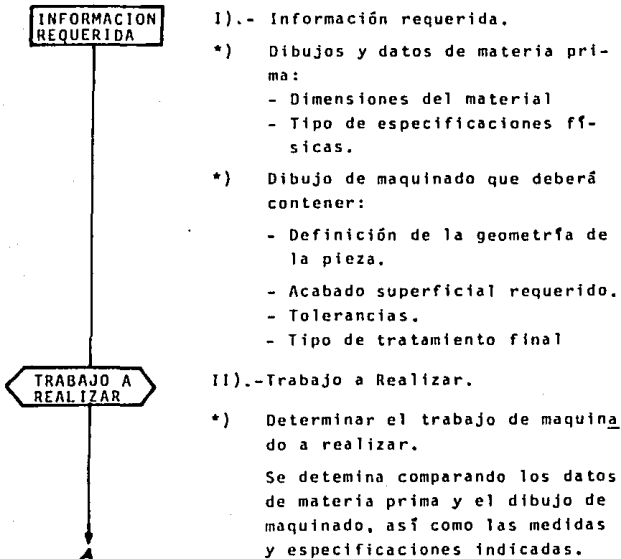
También es posible introducir al control la información directamente por medio de su teclado, pero no es recomendable, pues se pierden horas máquina.

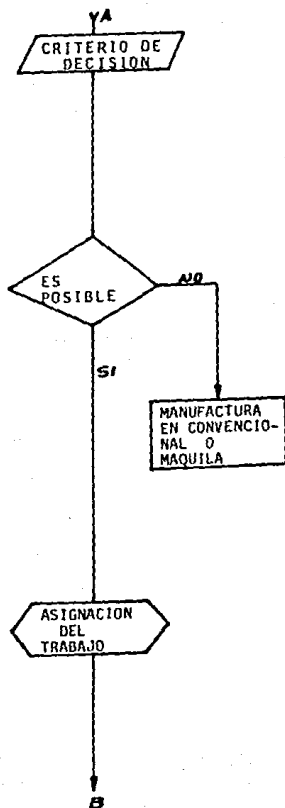
Las tres etapas por las cuales se debe pasar en la realización de un programa, quedan enmarcadas en el diagrama siguiente.



A continuación se desglosan cada una de las etapas, para visualizar las variables que se requieren controlar y los factores que intervienen en la programación:

A).- ETAPA DE PRERREQUISITOS





III).- Definir el Proceso

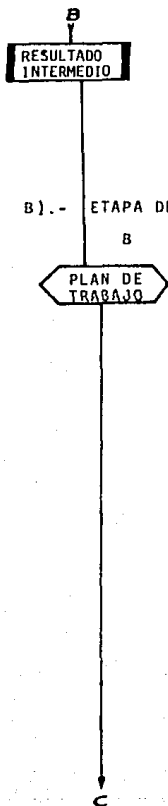
La selección del método de maquinado y del trabajo a realizar dependen ampliamente del contorno de la pieza. Para definir el proceso se requieren analizar algunas variables:

IV).- Es posible realizar el trabajo

Puede realizarse el trabajo con el equipo disponible? Para determinarlo, se requiere conocer los límites del área de trabajo de las máquinas (capacidad en peso y tamaño). Si las máquinas no reúnen estos requisitos para el trabajo, entonces el trabajo se hará en máquinas convencionales o se enviará a otra empresa (maquila).

V).- Asignar el trabajo a las máquinas.

Cuando se ha determinado realizar el trabajo, se selecciona en qué máquinas se hará. En seguida se investiga si la máquina cuenta con la herramienta necesaria y suficiente. Si no es así, se solicita la compra o la fabricación de dicha herramienta.



VI).- Resultado Intermedio

En este momento se ha hecho un análisis del cual se deduce -- que podemos manufacturar la parte.

B).- ETAPA DE PREPARACION

B

PLAN DE TRABAJO

I).- Plan de Trabajo.

Cuando se ha determinado en -- qué máquinas debe realizarse el trabajo, y se tienen las - herramientas necesarias, ya - se puede planear la forma o - método más adecuado de manu-- facturar una pieza.

Se debe adoptar un plan, que minimice el número de opera-- ciones con el fin de realizar el trabajo con un estándar lo más óptimo posible. Para esto se requiere considerar:

- ¿Cómo y cuántas veces deberá sujetarse la pieza?
- ¿Qué operaciones podrán ser efectuadas en cada montaje?
- ¿Deberá existir un esquema o escrito que manifieste las operaciones a realizar en - cada montaje?



II).- Hoja de Ruta o Procesos.

Una vez que se tiene el plan de trabajo, es necesario plasmar en un documento la información.

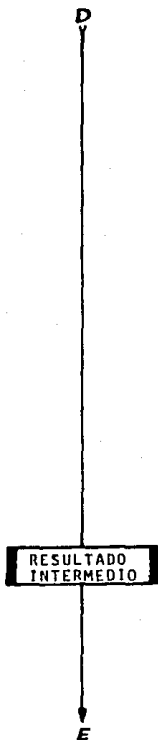
Con tal objetivo se realiza - una hoja en la cual se anotan tanto las operaciones como las máquinas en las cuales deben realizarse dichas operaciones.

Esta hoja es conocida como, - hoja de proceso o bien hoja de ruta, ya que establece el camino que debe seguir una parte, en el proceso de su manufactura por la planta.

También existen operaciones -- marcadas en la hoja de ruta, - que requieren instrucciones específicas.

Por esta razón la hoja de ruta, debe ir acompañada de las hojas de instrucción que sean necesarias. Estas hojas deben contener:

- El desglose de cada una de las operaciones.
- Qué herramienta ejecutará el trabajo, que insertó, etc.



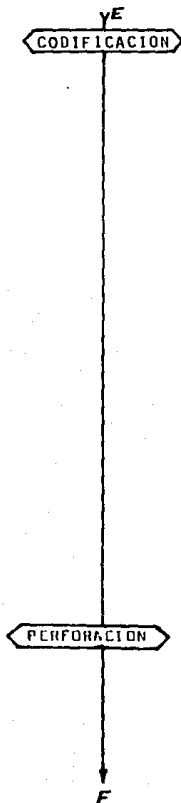
- Dimensiones de la herramienta.
- Qué offset trabajará en determinada operación, con el fin de corregir desviaciones.
- Dimensiones de la materia prima y tipo de ésta.
- Si se requiere, nombrar los elementos de sujeción especiales.

Con el fin de abreviar la información, y hacer que ésta esté completa en la hoja de instrucciones, las herramientas y dispositivos son codificados con una clave, que facilita su identificación.

III).- Resultado Intermedio

En este momento se tiene como resultado toda la información necesaria para poder realizar la programación de la pieza en cuestión.

C).- ETAPA DE REALIZACION



1).- Codificación

Contando con la ruta de trabajo, las hojas de instrucción y el gráfico de maquinado, se codifica el programa.

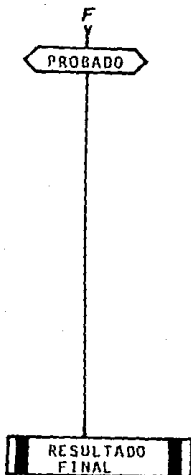
Se revisa el programa con el fin de ver posibles cambios que mejoren el proceso, además de detectar posibles errores de codificación.

Para poder codificar el programa o escribir todas las instrucciones que forman el programa, es necesario conocer:

- Formato del programa.
- Códigos utilizados por el control y su estructura.
- Características operativas del control.

11).- Perforación de la Cinta.

Una vez que se tiene codificado el programa se procede a perforarlo en la cinta con el fin de introducirlo al control, y además de archivar y tener disponible el programa en el futuro.



III).- Probar el Programa.

Quando ya se tiene el programa perforado, se espera el momento en que se introducirá al control, y se correrá maquinando una parte con el fin de ajustar algunos parámetros hasta que esté funcionando correctamente. Pues siempre hay que corregir velocidades, tanto de corte como de avances, y algunas coordenadas - en algunos casos, incluso en algunas ocasiones es conveniente modificar algunas operaciones.

IV.- Resultado Final.

Una vez que se ha probado, corregido y reperforado con sus ajustes requeridos, se tiene como resultado final, el programa totalmente terminado. Esto sucederá cuando se tenga una pieza totalmente terminada en el proceso correspondiente, y aprobada por el departamento de control de calidad.

En este momento terminará la responsabilidad del programador como tal, y la responsabilidad queda en manos de producción.

III.5 COMPENSACIONES EN LA PROGRAMACION

En el campo de la metalmecánica, se tienen innumerables formas de las partes que se requieren en los mecanismos para mover cualquier equipo mecanizado, esto da origen a algunas dificultades en la manufactura de las partes en cuestión.

Sin embargo, y sobre todo en las partes de gran volumen, las máquinas de control numérico han resuelto muchos de estos problemas.

Para ello es conveniente realizar algunos cálculos trigonométricos y de geometría analítica básicamente.

Dado que no podemos idealizar las herramientas en la práctica, es necesario compensar algunos puntos en las piezas que así lo requieran.

La figura III.26 muestra la idealización de una herramienta de corte o útil como también se le conoce en el medio.



FIG. III.26.

Como se muestra en la fig. III.26, la herramienta termina en punta su filo cortante, si esto fuera posible en la práctica, no se necesitarían las compensaciones. ¿Por qué no es posible utilizar la herramienta totalmente en punta? La razón es simple, dado que la herramienta sufre fricción en el momento de corte, se genera gran cantidad de energía calorífica, que va a tratar de disiparse por el punto más frágil, y este punto es la aguda punta de la herramienta. Entonces al sobrecalentarse la herramienta con la fricción del corte, tiene un desgaste prematuro o bien una fractura.

Con la herramienta ideal no se requieren las compensaciones, pues el punto de programación es la punta, como se muestra en la siguiente figura III.27.

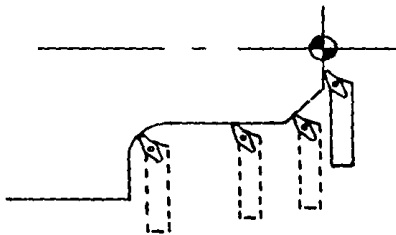


FIG. III. 27.

Sin embargo, ya se ha comentado que esto no es posible. Y para eliminar en cierto porcentaje la concentración de calor en la punta de la herramienta se elimina la punta, y en su lugar, se le provee de un pequeño radio que va en función de la utilización y rugosidad de la superficie deseada.

En la figura III.28, se muestra la forma de una -- herramienta real, donde el radio dependerá de las necesidades, y varía de $1/64$ " hasta $1/16$ ", este rango es el estándar en las herramientas comerciales, sin embargo, se puede obtener el radio que se desee.

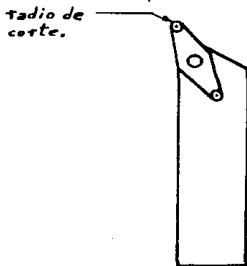


FIG. III. 28.

Dadas las características de una herramienta, se -- pueden realizar los cálculos de las compensaciones que -- sean requeridos en la manufactura de ciertos puntos de -- una parte. A continuación analizaremos estos cálculos.

III.5.1.- CALCULOS EN ANGULOS

Dado que las partes mecánicas tienen cantidad de formas, es conveniente analizar por lo menos las posiciones más comunes de ataque en el corte, e iniciaremos con la posición representada en la siguiente figura III.29.

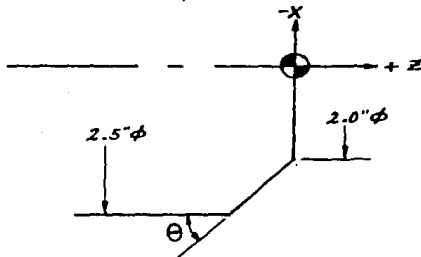


FIG. III.29.

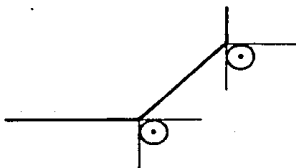
Al realizar el copiado de la fig. III.29, partiendo del origen, primeramente viajará la herramienta sobre el eje "X" en sentido positivo, y ésta se encontrará con una desviación de "n" gravados.

Para poder hacer el maquinado del ángulo mencionado, es necesario realizar una compensación, que en este caso deberá ser sobre el eje "X" en el inicio y en "Z" en el final del bisel.*

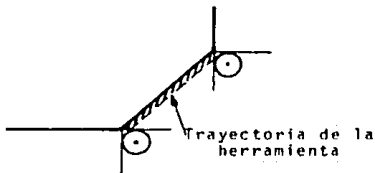
* Glosario.

La razón es la siguiente:

Observando el detalle del ángulo se tiene;



Considerando el radio de la herramienta de la fig. III.28, se coloca en los puntos de inicio y de terminación de corte del detalle, en este caso, no se han hecho compensación alguna. Por tanto al viajar la herramienta del punto de inicio al punto de terminación del ángulo, se describirá la siguiente trayectoria:



Como puede observarse no es, en lo más mínimo la trayectoria deseada, por esta razón, son convenientes las compensaciones.

Para que la herramienta describa la trayectoria deseada, es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- 1.- En el punto de inicio se debe compensar la herramienta en "X".
- 2.- En el punto de terminación se debe compensar en "Z".

¿Qué sucede si sólo se compensa en "X"?

Veámoslo en la siguiente figura III.30.

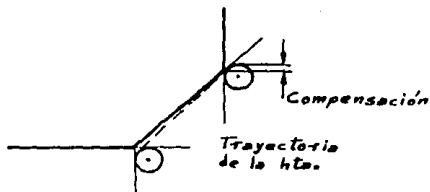


Fig. III. 30.

Como puede observarse en el inicio el punto es correcto, pero siguiendo la línea punteada, que es la trayectoria de la herramienta, no es la deseada. Por tal razón, es necesario compensar también en el eje "Z". Y entonces quedará de la siguiente forma:

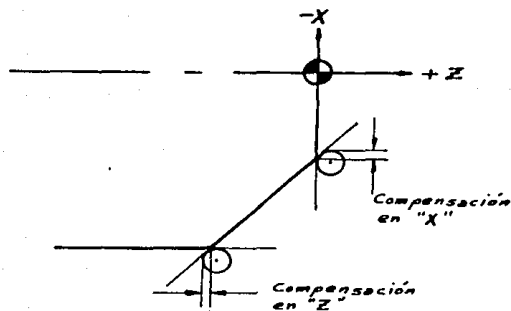


FIG. III. 31.

Como puede observarse, ahora la trayectoria de la herramienta, es la misma que la deseada en la pieza. Posteriormente se analizará la forma de calcular las compensaciones. Consideraciones semejantes a las analizadas son necesarias para las siguientes posiciones:

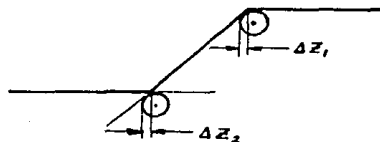


FIG. III. 32.

Para el caso representado en la figura III.32 --
 $\Delta Z_1 = \Delta Z_2$, esto facilita el cálculo de la compensación, pues sólo se realiza una vez. También se analizará posteriormente el método de cálculo.

En el siguiente caso Fig. III.33, la compensación también es en "Z", pero el valor de dicha compensación es diferente al valor de la fig. III.32, en este caso el -- ángulo es negativo.

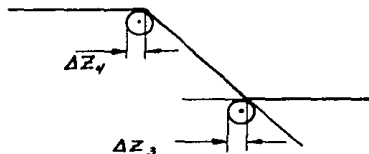


FIG. III. 33.

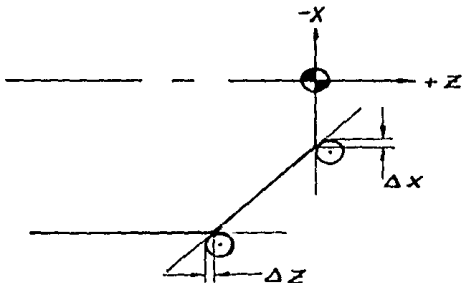
En este caso, tanto el valor de ΔZ_3 , es igual al valor de ΔZ_4 , por tanto, también sólo se realiza un -- cálculo.

Observando las figs. III.32 y III.33, podemos deducir, que las compensaciones de un caso, son el complemento del otro, por supuesto siempre que se maneje el -- mismo radio de la herramienta y el mismo ángulo.

Ahora analizaremos el método de cálculo para obtener los valores de las mencionadas compensaciones, refiriéndonos a los casos en los cuales se tienen ángulos, -- posteriormente trataremos el caso de los arcos y cuando se tiene una combinación intrínseca de ángulo y arco a la vez.

Analizando el caso de la figura III.31, se tienen dos diferentes compensaciones, en "X" y en "Z", a dichas compensaciones las llamaremos ΔX y ΔZ respectivamente.

Primeramente se analizará el caso de la compensación en "X" (ΔX), para lo cual se reproducirá la -- fig. III.31.



Ampliando el detalle del punto donde se debe compensar en "X", se tiene:

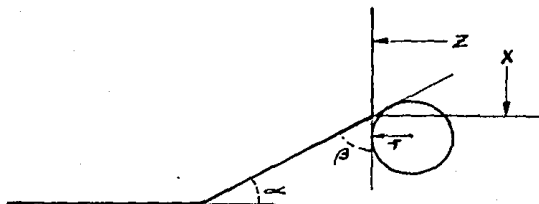


FIG. III. 34.

Donde:

- r: es el radio de la herramienta a utilizar en el torneado.
- α : es el ángulo del detalle, medido a partir de un eje paralelo al eje de la pieza.
- β : es complemento de α .

Si se trazan rectas en la fig. III.34, partiendo éstas del centro de giro del radio de la herramienta y perpendicular una de ellas a la cara de la pieza y la otra perpendicular a la recta que forma el ángulo, entonces, utilizando un poco de geometría analítica y algo de trigonometría podremos calcular las compensaciones deseadas. Como se muestra en la figura III.35.

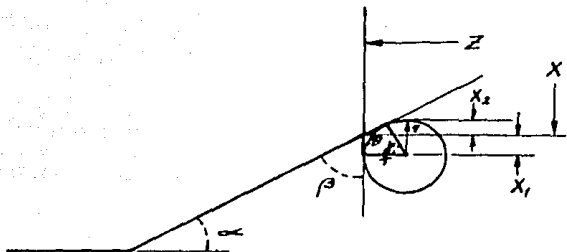


FIG. III. 35.

Dado que α , es un ángulo conocido, y β es su complemento, éste también se conoce. Y una línea recta forma un ángulo de 180° :

Ahora, cualquier figura plana de cuatro lados, - tiene como suma de sus ángulos internos, 360° . Por tanto el detalle más obscuro que se muestra en la fig. III.35, tiene una suma interna de ángulos de 360° . Pero las rectas que parten del centro del radio son perpendiculares a la cara y recta que forma el ángulo original, por tal razón, cada uno de los ángulos formados por estas rectas son de 90° . Como son dos ángulos, la suma de ellos es 180° .

Ahora bien, dado que $\beta + \theta = 180^\circ$, entonces:

$$\theta = 180^\circ - \beta \quad \text{--- -- -- -- -- (1)}$$

Pero los dos ángulos rectos más θ y más γ , deben sumar 360° , si restamos los dos ángulos rectos, nos queda $180^\circ = \theta + \gamma$ - - - - - (2)

Pero θ ya lo conocemos, por tanto

$$\gamma = 180^\circ - \theta \text{ - - - - - (3)}$$

Si de la ecuación (1), se despeja β , se tiene:

$$\beta = 180^\circ - \theta \text{ - - - - - (4)}$$

Comparando la ecuación (3) y (4)

$$180^\circ - \theta = 180^\circ - \theta \text{ - - - - - (5)}$$

$$\text{Por tanto; } \gamma = \beta \text{ - - - - - (6)}$$

Observando la figura III.35, nos percatamos de que la compensación en "X", es X_2 , y dado que conocemos "r", es necesario calcular X_1 , para poder conocer X_2 . Para ello, mostraremos en la figura III.36, la bisección del ángulo " γ ", que ya conocemos.

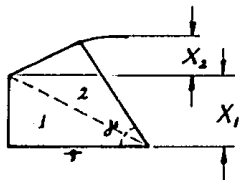


FIG. III. 36

Al bisecar el ángulo " δ ", se forman dos -- triángulos iguales, cuya hipotenusa es común, tomando el triángulo 1, se tiene:



$$\text{Haciendo } \delta/2 = \delta', \text{ --- (7)}$$

$$\text{y sabiendo que } \text{tang } \theta = \frac{X_1}{r} \text{ --- (8)}$$

$$\text{Despejando; } X_1 = r \text{ tang } \theta \text{ --- (9)}$$

$$\text{Ahora como, } X_2 = r - X_1 \text{ --- (10)}$$

$$\text{Entonces; } X_2 = r - r \text{ tang } \delta' \text{ --- (11)}$$

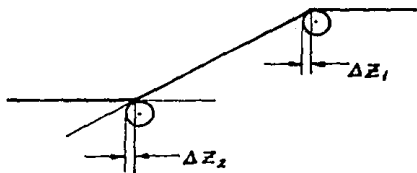
La ecuación (11), representa la compensación en el eje "X".

A continuación se analizará la compensación en el eje "Z" en sus diversas formas.

Para analizar la compensación en el eje "Z", recurriremos a las figuras III.31 y III.32.

Tanto en la figura III.31, como en la III.32, la compensación de "Z", es la misma en ambos casos, dicho

esto representaremos en seguida la figura III.32.



Ampliando el detalle de " ΔZ_1 ", que es lo mismo que ΔZ_2 , se obtiene la siguiente figura III.37.



FIG. III. 37.

Ahora si al igual que en el caso de la compensación en "X", se trazan líneas perpendiculares a las líneas que forman la parte, partiendo del centro de radio de la herramienta, se obtiene la figura III.38.

En esta figura, también se identifican los ángulos que intervienen en este cálculo.

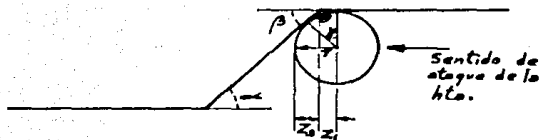


FIG. III. 38.

El ángulo " α " es conocido, dado que se encuentra en el diseño, y puesto que α y β , son ángulos alternos internos, entonces son iguales.

Ahora β y θ forman un ángulo de 180° .

$$\beta + \theta = 180^\circ \text{ ----- (12)}$$

También es cierto que θ y γ suman 180° .

$$\theta + \gamma = 180^\circ \text{ ----- (13)}$$

La razón de que (13) sea cierta, es que; la suma de los ángulos internos de un cuadrilátero es 360° . Y puesto que las dos perpendiculares, forman dos ángulos rectos, la suma de éstos es 180° , entonces

$$\theta + \gamma + 180^\circ = 360^\circ \text{ ----- (14)}$$

despejando θ y γ , se tiene:

$$\theta + \gamma = 360^\circ - 180^\circ \text{ ----- (15)}$$

$$\theta + \gamma = 180^\circ \text{ ----- (16)}$$

y (16) es igual que (13).

Ahora bien, dado que (12) y (13), son igual a 180° , podemos igualar dichas ecuaciones:

$$\beta + \theta = \theta + \gamma \text{ ----- (17)}$$

restando θ en los dos miembros se tiene:

$$\beta + \theta - \theta = \theta - \theta + \gamma \text{ ----- (18)}$$

de lo cual se tiene:

$$\beta = \gamma \text{ ----- (19)}$$

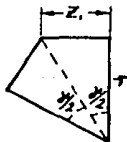
Pero por ser alternos internos β y α son --
iguales.

$$\beta = \alpha \text{ ----- (20)}$$

Entonces:

$$\gamma = \alpha \text{ ----- (21)}$$

Si bisecamos el ángulo γ , y sacamos el detalle de la figura III.38 se obtiene:



Haciendo $\gamma/2 = \alpha/2 = \delta$, δ , es el ángulo necesario y suficiente para calcular Z_1 .

$$Z_1 = r \operatorname{tang} \delta \quad (22)$$

La razón de calcular Z_1 , es que, para calcular Z_2 que es la compensación, se obtiene de:

$$Z_1 + Z_2 = r \quad (23)$$

Despejando Z_2 , se tiene:

$$Z_2 = r - Z_1 \quad (24)$$

r , es conocida, pues es el radio de la herramienta, pero Z_1 se debe calcular.

Por tanto, la compensación podemos calcularla -- combinando las ecuaciones (22 y 24), y queda como sigue:

$$\boxed{Z_2 = r - r \operatorname{tang} \delta_1} \quad (25)$$

La ecuación (25) puede utilizarse con toda seguridad para calcular la compensación en el eje "Z", siempre que el ángulo sea positivo, como se muestra en el caso de la figura 111.38, porque también existen los casos -- donde el ángulo es negativo, caso que analizaremos a continuación.

Para analizar el caso del ángulo negativo, mos--
trado en la figura III.33, reproduciremos dicha figura
ampliando uno de los detalles, asignándole el número --
III.39.

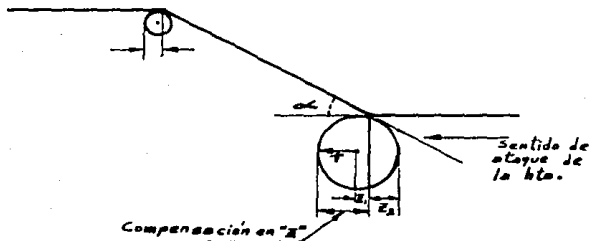


FIG. III. 39.

Para el caso en estudio, no se requiere calcular Z_2 , pero sí se requiere Z_1 como se puede apreciar gráficamente en la figura III.39. Para ello al igual que en el caso anterior, se trazan perpendiculares a las tangentes del radio de la herramienta, como se muestra en la figura III.40.

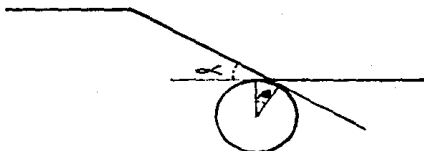


FIG. III. 40.

En la figura III.40, los ángulos α y β son iguales- pues el caso es similar al del ángulo positivo, sólo que en diferente posición. Y entonces $Z_1 = r \operatorname{tang} \delta$

$$\text{----- (26)}$$

$$\text{siendo } \delta = \alpha/2 \text{ ----- (27)}$$

Ahora bien, la compensación en Z_1 para este caso la llamaremos " ΔZ ", y es:

$$\Delta Z = r + Z_1 \text{ ----- (28)}$$

Como se puede apreciar en la figura III.39, sustituyendo (26) en (28) se tiene:

$$\boxed{\Delta Z = r + r \operatorname{tang} \delta \text{ ----- (29)}}$$

La ecuación (29), es la herramienta utilizable para calcular la compensación en ángulos negativos.

En la siguiente figura III.41 se muestran las dos posiciones, de inicio y de terminación de ángulo, en las cuales se aprecia que el valor es el mismo en ambos casos.

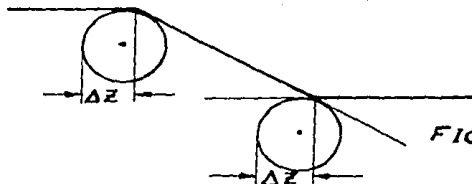


FIG. III.41.

Una vez que hemos analizado los diferentes ángulos y sus compensaciones, pasaremos a mencionar las compensaciones cuando se tienen arcos de radio.

III.5.2 CALCULOS EN ARCOS DE RADIO

En el inciso anterior se analizaron las compensaciones del radio de la herramienta, cuando se tiene el caso de un ángulo en una pieza mecánica. Sin embargo en las partes mecánicas, también se requieren en ocasiones formas radiales, ya sea por necesidades de funcionamiento o para eliminar concentración de esfuerzos.

Por esta razón analizaremos en este inciso, la forma en que se debe realizar la compensación del radio de la herramienta en un radio de la parte mecánica.

Fundamentalmente existen cuatro casos, en donde se requiere la compensación en radio puro, existen otros casos donde también se requiere compensar en radio, pero se analizarán en el siguiente inciso.

Ahora analicemos el caso en que se requiere un radio partiendo del frente, como se muestra en la figura III.42.

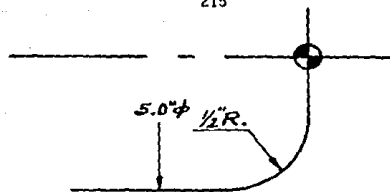


FIG. III. 42.

Para analizar este caso, mostraremos en la siguiente figura, la posición de corte de la herramienta.

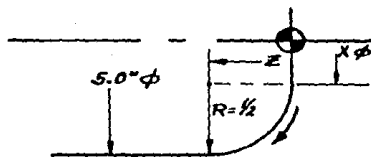


FIG. III. 43.

Dado que en la programación debemos dar a la máquina, todos los puntos de inflexión. En el caso de la figura III.43 debemos calcular los valores tanto de "X" como de "Z".

Puesto que R, es media pulgada, entonces el diámetro X, es 4 pulgadas, por otro lado, si el radio de la pieza está en la cara de ésta, como se muestra en

la figura III.43, entonces Z , es media pulgada. Puede darse el caso en el que el radio no esté exactamente en la cara de la pieza, cuando esto suceda, se toma el valor de Z , de la parte perpendicular al eje de la pieza, y se le suma la media pulgada correspondiente al radio. Esto es para encontrar los puntos físicos de la pieza. Para la programación de este tipo de radios, también es necesario compensar el radio de la herramienta como se analiza en la figura III.44 y III.45.

La compensación del radio de la herramienta en un arco, es necesaria por lo siguiente. Si en el programa se asignan las coordenadas mencionadas para la figura III.43, se obtendría la figura III.44.

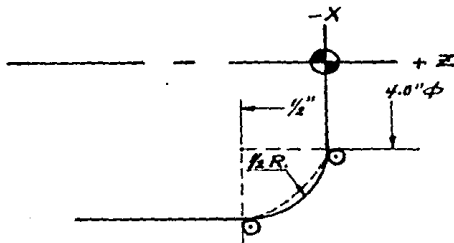


FIG. III. 44.

La línea punteada representa la trayectoria de la herramienta, si se asignan las coordenadas calculadas para la figura III.43, sin embargo, dicha trayectoria no es la deseada. Para lograr la trayectoria deseada se debe colocar la herramienta como en la figura III.45.

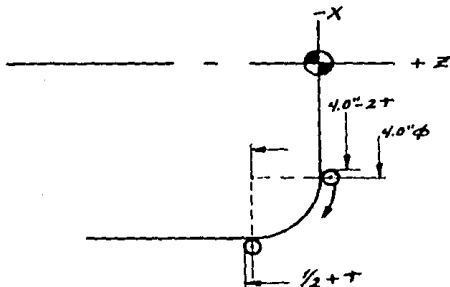


FIG. III. 45.

Como puede observarse en la figura III.45, el diámetro a programarse es el diámetro real de la pieza menos dos veces el radio de la herramienta, la razón de que sea dos veces el radio es que se programa en diámetro.

Por otro lado, al final de la curvatura de la pieza se le suma una vez el radio de la herramienta, dado que esto se programa en longitud.

Ahora para programar estos puntos es necesario, al igual que en el caso anterior, compensar el radio, pero de la herramienta de corte. ¿Qué sucede si no se compensa el radio de la herramienta?. Veámoslo en la siguiente figura - III.47.

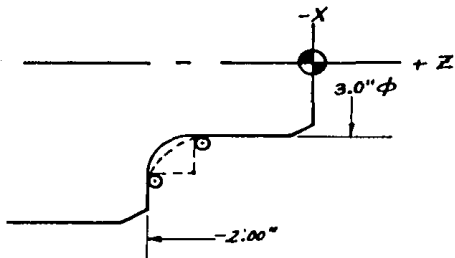


FIG. III.47.

La línea punteada indica la trayectoria del filo de la herramienta, y como se aprecia no es la deseada. Para lograr la trayectoria deseada es necesario compensar el radio de la herramienta, como se muestra en la figura - III.48

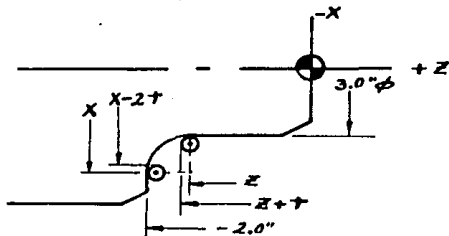


FIG. III.48.

Como podemos observar, "r" es el radio de la herramienta en estos casos, y cuando el punto a compensar está situado en posición frontal al ataque, se le resta dos veces el radio de la herramienta al diámetro físico de la pieza, y si el punto está sobre un diámetro, se le suma una vez el radio de la herramienta a la longitud física de la pieza.

Se habrá observado que la compensación aquí expuesta, es aplicable cuando y sólo cuando el segmento de radio a fabricar, forma un cuadrante de círculo completo, o sea, en el centro de giro tiene 90° .

Las dos posiciones restantes, que no vamos a analizar, pues es el mismo principio, se muestran en la siguiente figura III.49.

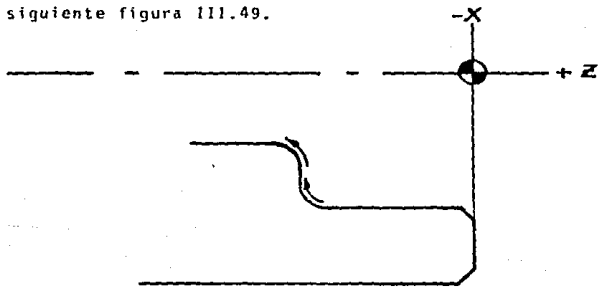


FIG. III. 49.

Las dos posiciones mostradas en la figura III.49, se pueden presentar tanto en interior como en exterior, - sin embargo la metodología para el cálculo tanto de las - coordenadas como de la compensación de las herramientas - es la misma que en los casos expuestos en este subcapítulo, por esta razón no se analizan pues sólo se repetiría lo ya expuesto.

Una vez expuesto en este subcapítulo el caso de - compensación y cálculo de coordenadas en arcos de radio y en el subcapítulo III.5.1, expuesto el caso de compensación de radio de las herramientas donde se tienen ángulos, analizaremos en el siguiente subcapítulo la compensación de las herramientas y el cálculo de las coordenadas, donde se encuentran implícitos ángulo y arco de radio a \pm la vez. En el subcapítulo siguiente, también se muestra la forma de calcular las direcciones "I" y "K", que - son las que generan el arco deseado dependiendo de sus valores y signos que tengan asignados.

III.5.3 CALCULOS Y COMPENSACIONES EN ANGULOS Y ARCOS IMPLICITOS

Una vez expuestos los casos anteriores de compensación en ángulos y radios, desarrollados en los subcapítulos III.5.1 y III.5.2 respectivamente, analizaremos ahora la combinación de éstos.

Fundamentalmente desarrollaremos cuatro casos, que son los más comunes. Y con el objeto de no hacer complicado el tema, y además desviarlo, no se incluirá el desarrollo matemático dado que al igual que los casos anteriores sólo son cálculos algebraicos.

CASO I

En este caso se tiene primero un arco, y después - el ángulo, como se muestra en la siguiente figura III.50. Calculemos sus coordenadas.

R , es el radio deseado

O , es el origen del radio.

α , es el ángulo comprendido.

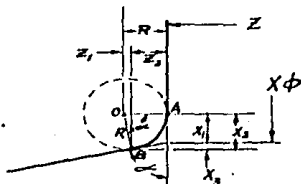


FIG. III.50.

Las coordenadas en los puntos A y B, que son los --
buscados son:

$$A(X-ZX_1, Z)$$

B($X+2X_3, Z-Z_2$), y las variables se calculan como si-
gue:

$$Z_1 = R \cos \alpha.$$

$$X_1 = R \tan \frac{\alpha}{2}.$$

$$Z_2 = R - Z_1.$$

$$X_2 = R \text{ Sen } \alpha.$$

$$X_3 = X_2 - X_1$$

Hasta aquí se han calculado las coordenadas de pieza,
sin embargo, para la programación es necesaria la compen-
sación del radio de la herramienta. Para tal caso observe
la figura siguiente III.51.

r , es el radio de la
herramienta

$$X_4 = r - r \cos \beta$$

$$Z_4 = r - r \text{ Sen } \beta$$

donde β , es comple-
mento de α .

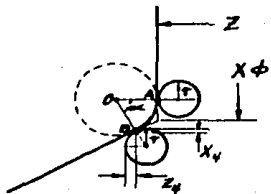


FIG. III. 51.

Como puede apreciarse en la figura III.51. Se tienen los detalles, tanto del radio de la pieza como de las posiciones que debe tomar la herramienta para lograr la configuración requerida.

Las incógnitas X_4 y Z_4 , representan las compensaciones en el punto B, y r representa la compensación en el punto A. Por tal razón las coordenadas A y B antes mencionadas se ven modificadas y quedan como sigue: considerando desde luego las figuras III.50. y III.51.

$$A(X-2X_1-2r, Z)$$
 y

$B(X+2X_3-2X_4, Z-Z_2-Z_4)$, estas son las coordenadas compensadas que se requiere en la programación.

CASO II.

Ahora se analizará el caso contrario al anterior, es decir; se tiene primero un ángulo y después el arco de radio, como se muestra en la siguiente figura III.52.

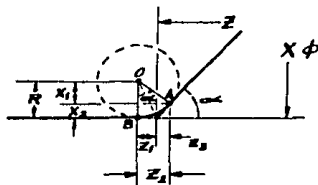


FIG. III. 52.

Como puede apreciarse en la figura III.51. Se tienen los detalles, tanto del radio de la pieza como de las posiciones que debe tomar la herramienta para lograr la configuración requerida.

Las incógnitas x_4 y Z_4 , representan las compensaciones en el punto B, y r representa la compensación en el punto A. Por tal razón las coordenadas A y B antes mencionadas se ven modificadas y quedan como sigue: considerando desde luego las figuras III.50. y III.51.

$$A(x-2x_1-2r, Z) \quad \text{y}$$

$B(x+2x_3-2x_4, Z-Z_2-Z_4)$, estas son las coordenadas compensadas que se requiere en la programación.

CASO II.

Ahora se analizará el caso contrario al anterior, es decir; se tiene primero un ángulo y después el arco de radio, como se muestra en la siguiente figura III.52.

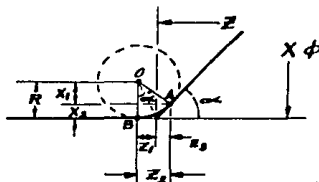


FIG. III. 52.

Obsérvese que en la figura III.52. ;

R.- es el radio deseado en la pieza.

O.- es el origen de dicho radio.

X y Z.- Son valores conocidos.

Ahora bien las coordenadas de A y B, son como sigue:

$$A(X-ZX_2, Z-Z_3)$$

$$B(X, Z+Z_1)$$

Las demás variables se calculan con las siguientes funciones: obtenidas de la misma figura III.52.

$$X_1 = R \cos \alpha$$

$$X_2 = R - X_1$$

$$Z_1 = R \tan \frac{R}{2\alpha}$$

$$Z_2 = R \sin \alpha$$

$$Z_3 = Z_2 - Z_1$$

Hasta aquí, se han calculado las coordenadas físicas que debe tener la pieza. Para calcular las compensaciones del radio de la herramienta, obsérvese la figura - III.53. siguiente.

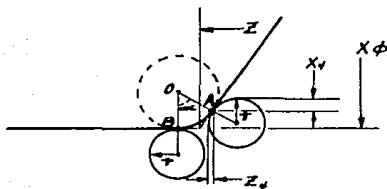


FIG. III. 53.

donde r , es el radio de la herramienta.

$$X_4 = r - r \cos \phi$$

$$Z_4 = r - r \sin \phi$$

Como se puede apreciar, las compensaciones en el punto A, son X_4 y Z_4 , y en el punto B, la compensación es " r ". Por tal razón los puntos a programar son:

$$A(X - 2X_2 - 2X_4, Z - Z_3 + Z_4)$$

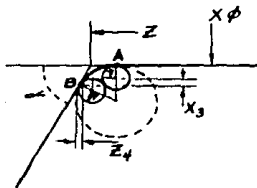
y B ($X, Z + Z_1 + r$), que son las coordenadas que deben incluirse en el programa.

CASO III.

Como se habrá observado, los dos casos anteriores presentan en la pieza un radio convexo. En los dos casos siguientes, se analiza la presencia en la pieza de radios cóncavos.

$$Z_3 = Z_2 - Z_1 .$$

Hasta este momento, se han calculado las coordenadas de la pieza. Ahora se calcularán las compensaciones necesarias para la programación, para tal objeto obsérvese la siguiente figura III.55.



r , es el radio de la herramienta.

α , el ángulo implícito.

$$X_3 = r - r \cos \alpha .$$

$$Z_4 = r - r \text{ Sen } \alpha .$$

FIG. III.55.

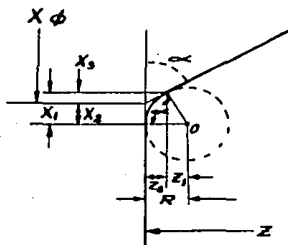
Por tanto las coordenadas compensadas de los puntos A y B, son:

$$A (X, Z - Z_1 + r)$$

$$y B (X + 2 X_2 - 2X_3, Z + Z_3 + Z_4), \text{ que son las buscadas.}$$

CASO IV.

En este caso, se presenta primero un ángulo y después el radio, pero con el radio cóncavo. Para dicho análisis se empleará la siguiente figura III.56.



R , es el radio deseado.
 O , es el origen de dicho radio
 α , es el ángulo implícito.

FIG. III. 56 .

De la figura III.56., se tiene que las coordenadas de la pieza en los puntos A y B, son:

$$A (X-2X_3, Z-Z_2)$$

$$\text{y } B (X+2X_2, Z)$$

donde las incógnitas inmiscuidas en el problema, - se calculan con las siguientes funciones:

$$Z_1 = R \cos \alpha .$$

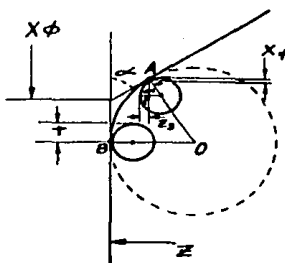
$$X_1 = R \text{ sen } \alpha .$$

$$X_2 = R \text{ tang } \frac{\alpha}{2} .$$

$$Z_2 = R - Z_1 .$$

$$X_3 = X_1 - X_2 .$$

Se debe tener en cuenta, que sólo se han calculado las coordenadas reales de la pieza, y que falta calcular las compensaciones para la programación y que se analizarán con la siguiente figura III.57,



donde:

r , es el radio de la herramienta.

α , es el ángulo implícito.

X_4 , Z_3 y r , son las compensaciones.

FIG. III. 57.

Considerando las coordenadas de la figura III.56, y las compensaciones de la figura III.57, podemos integrar las coordenadas necesarias para la programación, y éstas son:

$$A (X-2X_3-2X_4, Z-Z_2+Z_3)$$

$$\text{y } B (X+2X_2-2r, Z).$$

donde;

$$X_4 = r - r \operatorname{sen} \alpha.$$

$$Z_3 = r - r \operatorname{cos} \alpha.$$

y r , es el radio de la herramienta utilizada en ese caso.

Con este último caso, se da por concluido el análisis de compensaciones en la programación, y pasaremos al siguiente capítulo en el cual se ve la aplicación de los conocimientos expuestos.

CAPITULO IV
PROGRAMACION MANUAL APLICADA
A UN CENTRO DE TORNEADO MAZAK M-5

IV.1. OPERACION DE LA MAQUINA

Antes de entrar en materia directa de aplicación de la programación, es necesario aclarar ciertos detalles -- que se presentan en ésta. Por tal motivo, se ha juzgado -- conveniente introducir este subcapítulo.

Bien, en la programación de equipo de control numérico computarizado, existen datos que se obtienen hasta el momento mismo de operar la máquina.

Estos datos son principalmente las coordenadas de inicio y de terminación, así como las velocidades de corte y de avance, existen otras coordenadas que en ocasiones hay que corregir, pero que dependen de la configuración que el programa esté dejando. Dichas correcciones -- deben realizarse debido a errores en los cálculos previos, sin embargo, estas correcciones no son frecuentes, claro -- está si los cálculos se realizan correctamente.

Para analizar las coordenadas de inicio y terminación, nos referiremos a la figura IV.1.

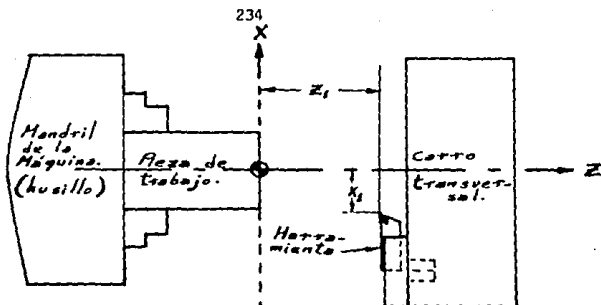


FIG. III. 1.

Como puede apreciarse en la figura IV.1., se enmarcan las tres partes más importantes en la operación de la máquina. El mandril, la herramienta y la pieza de trabajo.

En la pieza de trabajo, se tiene identificado el centro de programación con el símbolo \odot , o sea, el cero de los ejes de coordenadas "X" y "Z". Y de la punta de la herramienta, al centro de programación, existen unas distancias X_1 y Z_1 éstas coordenadas son las llamadas de inicio y de terminación. Que son calculadas hasta el momento mismo de la operación.

Para calcular las coordenadas de inicio, se pone la máquina en modo manual, seguidamente se acerca la he-

herramienta hasta rozar la cara de la pieza de trabajo, en ese momento se hace Z0.0 en la pantalla.

Posteriormente, se lleva la herramienta a rozar el diámetro externo de la pieza de trabajo y se hace X0.0, a continuación se lleva en modo automático la herramienta hasta el punto de inicio (HOME).

Cuando se tiene la señal, de que la herramienta está en el punto de inicio, la coordenada "Z", registrará el valor buscado.

Para encontrar el valor de "X", se le sumará a la coordenada "X" el diámetro externo de la pieza de trabajo ya que éste es físicamente medible.

Esta operación, es necesaria para cada una de las herramientas que se utilicen.

Una vez teniendo las coordenadas de cada herramienta, se meten al programa en el comando G50 de la sección correspondiente, y en G00 de regreso, también de cada sección que corresponde. Cuando se utiliza en el regreso el comando G27 o G28, no es necesario incluir los valores de las coordenadas para regresar al punto de inicio.

Los demás ajustes mencionados, se realizan al hacer una prueba del programa, antes de ajustar las dimensiones finales de la pieza de trabajo, para tal objeto recuérdese, que se tiene un sistema de ajuste de dimensiones (offset), que puede aumentar o disminuir las mismas.

Cuando se tiene una pieza, con las dimensiones especificadas por su diseño, se dice que el programa está corregido y ajustado, y en ese momento, pasa a ser responsabilidad del operador el vigilar que las piezas subsecuentes salgan correctamente.

Por su parte, el programador archivará y registrará el programa con el número asignado, el nombre de la pieza y la sección a la que corresponde, pues una pieza puede tener más de un programa.

El objeto de archivar el programa, es que cuando se requiera manufacturar nuevamente la misma pieza, ya no es necesario hacer el programa, sólo hacer cambios si la pieza ha tenido modificaciones de diseño, o bien si la materia prima no tiene las mismas dimensiones preestablecidas.

IV.2 INSTRUCCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Se recomienda que el operador a cargo de la máquina, se familiarice con todas las instrucciones de seguridad de operación.

IV.2.1 INSPECCIONES ANTES DE ENCENDER LA MAQUINA

- a).- Efectuar una inspección para que no se haya dejado nada sobre la máquina, gabinete de control numérico, de control del operador, etc.
- b).- Efectuar una inspección para asegurarse que las puertas del gabinete, de control numérico y del tablero de control eléctrico, se encuentren cerradas.
- c).- Inspeccione todas las palancas y conmutadores (switches) de control de operación para verificar su funcionamiento normal.

IV.2.2.- FUENTE DE POTENCIA

- a).- Ubicar el conmutador (switch) de desconexión de potencia, en la posición ON y en seguida encender el equipo de control numérico, en ese orden. Para apagar la máquina, se invierte el procedimiento anterior, primero apagar el equipo de con-

troil numérico y después desconectar el conmutador de alimentación de potencia.

- b).- La lámpara LUBE FAILURE, debe estar encendida cuando se conecta el conmutador de alimentación.
- c).- La lámpara LUBE FAILURE, debe estar apagada cuando se enciende el equipo de control numérico.
- d).- Todas las lámparas indicadoras de control, deben estar encendidas cuando los conmutadores en los tableros de control del operador y equipo de control numérico se ubican en posición ON.
- e).- Asegurarse de ubicar el conmutador de alimentación de potencia en la posición OFF, en caso de ocurrir una falla de energía.
- f).- Asegurarse de desconectar la energía, antes de dejar el lugar de trabajo una vez terminada la operación del día.

IV.2.3.- LUBRICACION

- a).- Inspeccionar los depósitos de aceite, para verificar que existe el suministro de nivel de aceite -- apropiado. Siguiendo las instrucciones de la placa de lubricación, para el tipo de aceite y la can tidad de suministro.

- b).- Efectuar una inspección para comprobar si la lámpara para LUBE FAILURE se encuentra encendida o apagada.

IV.2.4.- FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL DE OPERACION

- a).- Inspeccionar todos los controles de operación, para verificar el funcionamiento apropiado de ellos.
- b).- Inspeccionar los indicadores de presión para -- asegurar un montaje apropiado.

IV.2.5.- PARADA DE EMERGENCIA

Use los siguientes conmutadores para efectuar una parada de emergencia.

- a).- EMERGENCY STOP, ubicado en el tablero principal de control numérico.
- b).- EMERGENCY STOP, ubicado en el tablero auxiliar - de control del operador.

IV.2.6.- INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD DE OPERACION

- a).- El operador debe vestirse en forma segura, sin -- usar ropa que pudiera engancharse en la pieza de trabajo o máquina en movimiento. Además debe -- usar un casco de seguridad, zapatos y lentes de -- seguridad.

- b).- Evite el uso de otros lubricantes excepto aquellos especificados en cuanto a calidad y grado.
- c).- Asegúrese de sujetar la pieza en elaboración firmemente.
- d).- Siempre remueva la llave o mamilla del mandril cada vez que se sujeta o suelta una pieza en elaboración.
- e).- Evite ejercer presión excesiva sobre la llave del mandril cuando se apriete el mandril.
- f).- Evite poner la máquina en funcionamiento sin la cubierta de seguridad, protector de virutas o cubierta del mandril.
- g).- Asegúrese de cerrar la puerta delantera de la máquina antes de ponerla en funcionamiento.
- h).- Mantenga siempre limpia la sección del lector de cinta del equipo de control numérico, y mantenga la puerta cerrada durante la operación.
- i).- Asegúrese de efectuar un corte de prueba después de instalar las herramientas.
- j).- Evite una operación automática cuando la máquina se opere con una nueva cinta.
- k).- Maneje los cortadores afilados y viruta con cuidado y con un paño.

- l).- No remueva las virutas mientras la máquina se encuentre en funcionamiento, y evite tocar cualquier parte en movimiento con la mano sin protección.
- m).- Evite oprimir los conmutadores de botones de -- contacto con guantes.
- n).- Asegúrese de mantener las herramientas ordenadas en el casillero. Mantenga el espacio alrededor - de la máquina libre de obstrucciones.
- o).- Mantenga la máquina y demás equipo siempre lim-- pios.
- p).- Evite tocar los conmutadores sin razón.
- q).- Vigilar la alarma de sobrevoltaje.
- r).- No tocar los conmutadores con las manos mojadas.
- s).- Asegúrese de desconectar el conmutador principal - antes de reemplazar un fusible.

Las instrucciones de seguridad antes mencionadas, son básicas para un buen funcionamiento del equipo y evitar en lo posible accidentes lamentables.

A continuación se realizan ejemplos de programas, con el fin de que el lector encuentre una aplicación prácic

tica y utilizable en este trabajo.

Los ejemplos que se incluyen en el siguiente subcapítulo, son reales, efectuados para la manufactura de partes que integran equipos utilizados en la perforación, preparación y terminación de pozos petroleros.

IV.3 EJEMPLOS DE PROGRAMAS

Para iniciar esta sección de ejemplos, mencionaremos que en el subcapítulo III.4, se formuló un diagrama de flujo, que nos sirve de guía para la correcta elaboración de los programas.

Para una mejor comprensión, del procedimiento de programación, se realizará el primer ejemplo, paso a paso, siguiendo el diagrama de flujo.

El diagrama de flujo está integrado por tres etapas básicas, las cuales a su vez, contemplan ciertas actividades.

A continuación iniciaremos con la manufactura de la parte número 01-31578-00, llamada substituto inferior de sello.

Siguiendo el diagrama de flujo, se inicia el análisis con la etapa de prerrequisitos.

EJEMPLO No. 1

Se pretende manufacturar la parte número 01-31578-00.

E T A P A "A"

I).- INFORMACION REQUERIDA

Se requieren dibujos y datos de materia prima: - - para este caso, la materia prima es muy simple y no requiere dibujo, se trata de un tubo que tiene diámetro externo, diámetro interno y longitud. El tipo de material es AISI 4140, con una dureza de 18 a 22 Rockwell "C".

Las dimensiones mencionadas son las siguientes:

Diámetro externo.- 3.375" (pulgadas)'

Diámetro interno.- 2.406" (pulgadas).

La longitud es.- 14 1/8" (pulgadas).

También se requiere el dibujo de maquinado, o sea, el de pieza determinada. Este es el dibujo siguiente, - con número 131-578-00.

II).- TRABAJO A REALIZAR

Analizando el dibujo 131-578, podemos determi--

nar maquinar la parte en dos partes, una maquinando todo el exterior, y la otra maquinando la caja o cuerda interna. Esto es en base a que, como se puede detectar, analizando las dimensiones de la materia prima, y las dimensiones de pieza terminada, hay dos medidas que están dadas, el diámetro interno y la longitud.

III).- DEFINIR EL PROCESO

El proceso a seguir es maquinar la pieza en dos montajes, por consiguiente se deduce que será necesario elaborar dos programas.

IV).- ¿ES POSIBLE REALIZAR EL TRABAJO?

Sí es posible, ya que la pieza no es muy pesada, su longitud es corta en relación al tamaño de la máquina que tiene una longitud entre centros, de 102" (2.59 metros) y un volteo de 12".

V).- ASIGNAR EL TRABAJO A LAS MAQUINAS

En este caso ya se ha determinado en qué máquina se realizará el trabajo, en un centro de torneado MAZAK M-5. Sin embargo, se pueden tener otras máquinas y en-

tonces se estudiará, dónde puede ser más conveniente ma-
quinarla.

Por otro lado, la máquina cuenta con el herramental
apropiado que más adelante se mencionará.

VI).- RESULTADO INTERMEDIO

En este momento podemos afirmar que es posible manu-
facturar la pieza en casa. Por consiguiente, se procede
a realizar la etapa "B", que es la etapa de preparación.

E T A P A "B"

1).- PLAN DE TRABAJO

Como ya se mencionó, la pieza se manufacturará en -
dos montajes. Uno para maquinar el exterior, y otro pa-
ra maquinar la caja.

Para maquinar el exterior, se sujetará con el pla-
to de mordazas (Chuck), por el interior del material, y
el otro extremo con el contrapunto. Se dice que la pie-
za está sujeta entre centros.

Para realizar el maquinado interno, se sujetará por
el exterior con las mordazas.

II).- HOJA DE RUTA

La hoja de ruta, nos marca cada uno de los procesos que es necesario realizar, en la manufactura de la pieza.

Algunos de los procesos, requieren instrucciones específicas; por tal razón, la hoja de ruta va acompañada de algunas hojas de instrucciones como se mostrará en la siguiente hoja de ruta.

III).- RESULTADO INTERMEDIO

En este momento, se tiene toda la información para poder programar. Por tal razón pasemos a la etapa "C".

Fecha V/29/88 ²⁵¹O.T. ~ OP. No. 70

HOJA DE INSTRUCCION

CANT. REQ. ~ DIBUJO No. 131-578CINTA # 1 DE 2DESCRIPCION DE PARTE: Substituto Inf. de sello TIPO MAQUINA: C.N.C.NOMBRE OPERACION: Maquinar la parte externa MAQ. No. 601MATERIAL ALSI 4140 3 3/8 X 2.406

CERO <u>E=0 En la cara de la Pie.</u>		INICIO ^X _Z	BOQUILLAS O ^{ORD} 273				
DESCRIPCION		HERRAMIENTA #	INSERTO	X-DIMENSION	Z DIMENSION		
TORRETA REDONDA	=1	<u>Desbaste</u>	<u>DCLNR-204D*</u>	<u>6.0</u>	<u>1.250</u>		
	=2	<u>Acabado</u>	<u>DDJNR-204D*</u>	<u>6.0</u>	<u>1.250</u>		
	=3	<u>Rosca</u>	<u>MTVOR-86-5*</u>	<u>7.0</u>	<u>1.500</u>		
	=4						
	=5						
	=6						
	=7						
	=8						
TORRETA REVOLVER	=1						
	=2						
	=3						
	=4						
	=5						
	=6						
	=7						
	=8						
OFF. SET	USE	%	DIMENSION SET	OFF. SET	USE	%	DIMENSION SET
=01			<u>Desbaste</u>	#00			
=02			<u>φ 2.758 - φ 2.764</u>	#10			
=03			<u>φ 2.872 - φ 2.875</u>	#11			
=04			<u>φ 3.229 - φ 3.239</u>	#12			
=05			<u>φ 3 3/8</u>	#13			
=06			<u>Rosca</u>	#14			
=07				#15			
=08				#16			

INSTRUCCIONES ESPECIALES: La pieza debe quedar libre para su maq. ext. completo. * Apandice "A".2.- Sujetar con mordazas por interior y con punta 71-4101.3.- En el block NOT, hay un paso M00, el operador pondra la máquina en modo manual, rozará la cara de la pzo. con la hta. en el eje "Z" y continuará al programa.

E T A P A "C"

1).- CODIFICACION

Puesto que ya se cuenta con todos los elementos para programar, se procede a codificar el programa.

A continuación se tiene el programa para manufacturar la parte mencionada en este ejemplo.

Part. 01-31578-00 Maq. 601 Ext. Comp.

0001
N01G00M38
N02G50X13.500Z.500S1000
N03G9750414M03
N04G00T0100
N05G00X4.000Z.200
N06G01X3.150F.100
N07M00
N08G50Z0.0
N09G01X3.284Z.050F.100M08
N10G00T0101M03
N11G9650366
N12G01Z-14.150F.014
N13X3.400
N14G00Z.050
N15G01X2.9234F.100
N16Z-6.4275F.014
N17X3.250
N18G00Z.050
N19G01X2.800F.100
N20Z-.342F.016
N21X3.000M09
N22G9750466
N23G00X13.500Z.500
N24T0100
N25M01
N26G00M38
N27G50X13.500Z.500S1000
N28G9750542M03
N29G00T0202
N30X3.000Z.010
N31G9650366
N32G01X2-5788F.100M08
N33X2.7486Z-.1371F.006
N34G03X2.761Z-.1603I-.0405K-.0234F.006
N35G01Z-.3424F.008
N36X2.8734Z-.4397
N37Z-.3397F.100
N38G00T0203
N39G01Z-6.3521F.006
N40X2.8634
N41Z-6.4375
N42X3.1662F.016
N43X3.234Z-6.4714
N44Z-6.420F.100
N45G00T0204
N46G01Z-7.2774F.016
N47X3.375Z-7.2271F.100
N48G00T0205
N49G01X3.234F.020
N50X3.1874Z-7.2674F.006
N51Z-7.3674
N52Z-12.4201F.018
N53X3.234Z-12.4604F.010
N54Z-12.3604F.100
N55G00T0204
N56G01Z-14.180F.016
N57X3.154

N58X3.375F.200M09

N59G00Z0.0

N60G9750414

N61G00X13.50QZ.500

N62T0200

N63M01

N64G00N38

N65G50X11.500Z.250S1000

N66G9750300M03

N67G00T0306

N68M08

N69X3.073Z.200M53

N70G92X2.8534Z-1.475F.125

N71X2.8374

N72X2.8214

N73X2.8094

N74X2.7974

N75X2.7894

N76X2.7854

N77X2.7814

N78X2.7794

N79X2.7784

N80G00X11.500Z.250M09

N81M54T0300

N82M30

Debido a la imposibilidad de introducir en este -
trabajo la cinta perforada, ya que sería impráctico, da-
mos por supuesto, que la cinta ha sido perforada, probada,
corregida y archivada.

EJEMPLO 2

En este ejemplo se programará, la caja interior de la parte 01-31578-00 analizada en el ejemplo 1.

En el ejemplo 1, se analizó paso a paso el flujo de la información, por tal razón, en este ejemplo que se relaciona con el anterior, ya no es necesario analizarlo de principio. Por otro lado y con el fin de hacer menos complicada la información, en los siguientes ejemplos sólo se incluirá el dibujo, la hoja de instrucción, el diagrama - de cálculos y la codificación.

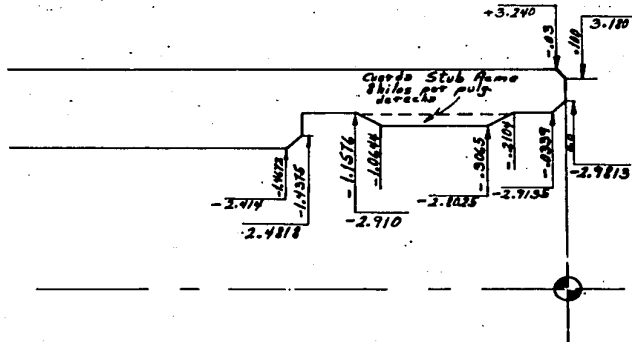
Fecha VI/4/88 O.T. ~ OP. No. 80

HOJA DE INSTRUCCION

CANT. REQ. ~ DIBUJO No 131-578CINTA # 2 DE 2DESCRIPCION DE PARTE: Substituto Inf. de sello TIPO MAQUINA: C.N.C.NOMBRE OPERACION: Maquinas la parte interna MAG. No. 601MATERIAL AISI 4140 Ext. terminado x 2.406 Int.

LERO	Z=0 En la cara de la Pieza.	INICIO X Z	BOQUILLAS O MORDAZAS				
	DESCRIPCION	HERRAMIENTA #	INSERTO	X-DIMENSION	Z-DIMENSION		
TORRETA REDONDA	=1	Cara y bicel	DCLNR-204D	CANMG-432	6.0	1.250	
	=2						
	=3						
	=4						
	=5						
	=6						
	=7						
	=8						
TORRETA REVOLVER	=1	May. caja	B-36-10-X"	DUMG-432	1.0	10 1/2	
	=2	Rosca	B-2508-X"	NRS-3R8	0.688	6 1/2	
	=3						
	=4						
	=5						
	=6						
OFF. SET	USE	%	DIMENSION SET	OFF. SET	USE	%	DIMENSION SET
=01			Cara y bicel	#00			
=02			May. de caja	#10			
=03			Rosca	#11			
=04				#12			
=05				#13			
=06				#14			
=07				#15			
=08				#10			

INSTRUCCIONES ESPECIALES: 1- Sujetar la pieza por el ext. dejando que sobresalga 1".2- Las htas. para int. se colocarán volteadas para maquinat del lado negativo.3- Los códigos de las htas. se encuentran en el Apandice "A"* Estos htas. han sido modificados en su longitud.



- 1- La hta. a usar debe ser con radio de $\frac{1}{2}$.
- 2- El interior del mat. es 2.406.
- 3- Velocidad de corte; 366 pies por minuto.

REV.	FECHA	COMENTARIOS	REV.	FECHA	COMENTARIOS
MATERIAL:	914	DIBUJO:	184	07/9/10	
ESCALA:	20-22 ft.	APROBADO:			
		PARTE:	01-31678-00		DIBUJO No. Calculos Int.

Part. 01-31578-00 Mag. 601 Int. Jun. 6. 88 2/2

Ø0002

N100G00M38T0100
 N05G50X13.5217.974S0500
 N10G975Q425M03
 N15G00X3.500Z.100T0101
 N20G01Z.100M08
 N25X2.10F.012
 N30G00X3.180W.100
 N35G01X3.240Z-.03F.01
 N40G00U.400Z1.0M05
 N45G28U0W0M09
 N50G00T0100

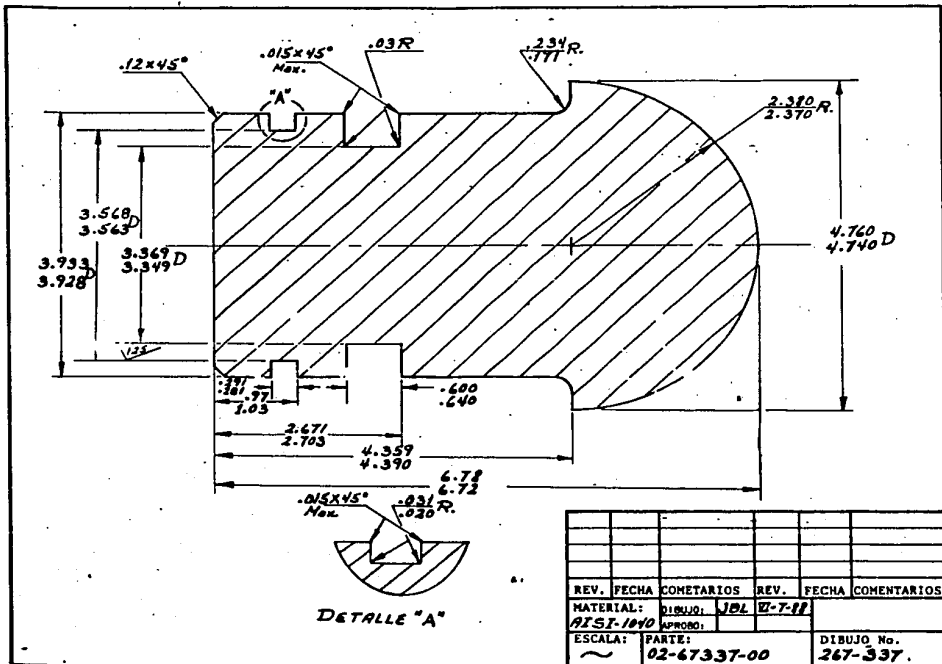
N200M01
 N05G00M38T2100
 N10G50X-2.8560Z10.480S0900
 N15G975Q625M03
 N20G00X-2.450Z1.0T2102
 N25G01Z.062F.100M08
 N30Z-1.437F.01
 N35G00U.400Z.062
 N40X-2.6
 N45G01Z-1.437F.01
 N50G00U.400Z.062
 N55X-2.7
 N60G01Z-1.437F.01
 N65G00U.400Z.062
 N70X-2.8
 N75G01Z-1.437F.01
 N80Z-1.0644
 N85X-2.9Z-1.1576F.006
 N90Z-1.437F.01
 N95X-2.4
 N100G00U.400Z.062
 N105G01X-2.9813Z0.0F.05
 N110X-2.9135Z-.0339F.01
 N115Z-.2104
 N120X-2.8025Z-.3065
 N125Z-1.0644
 N130X-2.910Z-1.1576
 N135Z-1.4375
 N140X-2.4818
 N145X-2.3828Z-1.4531
 N150G00U.400Z1.0M05
 N155G28U0W0M09
 N160G00T.2100

N300M01
 N05G00M38T2200
 N10G50X-27.936Z14.480S0700
 N15G975Q500M03
 N20G00T22Q3M08
 N25X-2.7Z.250M53
 N30G92X-2.800Z-1.3F.125
 N35X-2.810
 N40X-2.820
 N45X-2.830
 N50X-2.840

N55X-2.850
N60X-2.860
N65X-2.870
N70X-2.880
N75X-2.885
N80X-2.885
N85G28UOWOM09
N95T2200M54
N100T2500
N105M30

EJEMPLO No. 3

En este ejemplo se maquina la parte 02-67337-00, y en particular para el ejemplo 3, se maquina el lado que tiene ranuras, posteriormente en el ejemplo 4, se maquina el lado esférico.



REV.	FECHA	COMENTARIOS	REV.	FECHA	COMENTARIOS
MATERIAL:		DIBUJO:	JBL	W-7-11	
AISI-1040		APROBO:			
ESCALA:		PARTE:		DIBUJO No.	
		02-67337-00		267-337.	

264

Fecha 11/11/88

O.T. _____ OP. No. _____

HOJA DE INSTRUCCION

CANT. REQ. _____ DIBUJO No. 247-337

CINTA # 1 DE 2

DESCRIPCION DE PARTE: Tapón Expulsable TIPO MAQUINA: C.N.C.

NOMBRE OPERACION: Maquinar lado de ranuras MAQ. No. 601

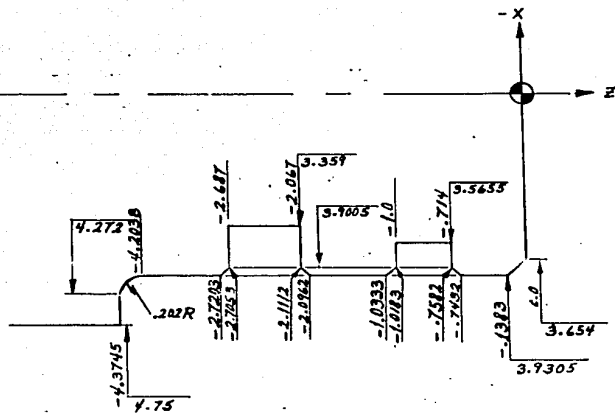
MATERIAL RISI-1040 5 φ X 6.95lg.

CERO		Z=0 En la cara de la pieza.		INICIO X + Z +		BOQUILLAS O ORDEN	
TORRETA REDONDA		DESCRIPCION	HERRAMIENTA #	INSERTO	X-DIMENSION	Z-DIMENSION	
	#1	Cara y Cop. ext	DCLNR-204D*	CNMG- V32*	6.000"	1.500"	
	#2	Ranuras	KBCR-20D3D*	DB-3D*	6.000	1.500"	
	#3						
	#4						
	#5						
	#6						
TORRETA REVOLVER	#1						
	#2						
	#3						
	#4						
	#5						
	#6						

OFF-SET	USE	%	DIMENSION SET	OFF-SET	USE	%	DIMENSION SET
#01			Cara	#09			
#02			Ext	#10			
#03			Ranuras	#11			
#04				#12			
#05				#13			
#06				#14			
#07				#15			
#08				#16			

INSTRUCCIONES ESPECIALES: 1.- La pieza debe quedar libre para ser maqui-
nada a una long. de 4.8".

* Apendice "A"



1: La hto. debe tener $\frac{1}{32}R$.

REV.	FECHA	COMENTARIOS	REV.	FECHA	COMENTARIOS
MATERIAL: 7040 AISI		DIBUJO: JOL VI/10/88			
ESCALA: ~		APROBO: 02-67337-00		DIBUJO No. CALCULOS	

9003

N100G00M37
N05G50X13.50QZ5.5S0530
N10G37S0320MQ3
N15G00T0100
N20X5.5Z1.0T0101
N25G01Z0.QF.1M08
N30X0.OF.012
N35G0QX4.75W.200T0102
N40G01Z-4.37F.014
N45G00U.4Z.062
N50X4.5
N55Z-4.37F.014
N60G00U.400Z.062
N65X4.25
N70G01Z-4.37R.202F.014
N75X5.0
N80G00Z.062
N85X4.0
N90G01Z-4.37R.202F.014
N100X4.25
N105G00Z.062
N110G01X3.654Z0.OF.05
N115G01X3.93Z-.1383F.01
N120Z-4.375R.202
N125X5.OF.015
N130G00U.4Z1.0M05
N135G2BU0.0W0.0M09
N140T0100
N200MQ1
N05G00M37
N10G50X13.5Z5.5S0530
N15G97S0100M03
N20G00T0200
N25X4.1Z1.0T0203
N30Z-1.0M08
N35G01X3.565F.003
N40X4.OF.03
N45W.100
N50X3.565F.003
N55X4.OF.03
N60Z-.8676
N65X3.9305
N70X3.900Z-.883aF.005
N75Z-1.0183F.03
N80X3.9305Z-1.0333F.005
N85X4.1F.05
N90Z-2.687F.100
N95X3.359F.003
N100X4.OF.03
N105W.150
N110X3.359F.003
N115X4.OF.03
N120W.150
N125X3.359F.003
N130X4.OF.03
N135Z-2.2545

N140X3.359F.003
N145X4.0F.Q3
N150Z-1.9862
N155X3.9305
N160X3.9005Z-2.0018F.005
N165Z-2.7053F.05
N170X3.9305Z-2.7203F.005
N175G00X5.0M05
N180G28U0.0W0.0M09
N185G00T0200
N190M30

EJEMPLO 4

En este ejemplo se sigue maquinando la parte del --
ejemplo 3, por esto no se incluye el dibujo de parte.

Fecha VI/12/88

O.T. _____ OP. No. _____

HOJA DE INSTRUCCION

CANT. REQ. _____ DIBUJO No 247-337CINTA # 2 DE 2DESCRIPCION DE PARTE: Tapón Expulsable TIPO MAQUINA: CNCNOMBRE OPERACION: Maquina lado de radio de 2.78" MAQ. No. 601MATERIAL 5 ϕ X Maquinado lado de ranuras.

CERO		INICIO X			BOQUILLAS O TORRETES			
Z=0 En la cara de la pieza.		Z						
TORRETA REDONDA	DESCRIPCION	HERRAMIENTA #	INSETO	X-DIMENSION	Z-DIMENSION			
	#1	Cara y radio	DGLNR-20ND*	CNC-432*	6.000"	1.500"		
	#2							
	#3							
	#4							
	#5							
	#6							
	#7							
	#8							
TORRETA REVOLVER	#1							
	#2							
	#3							
	#4							
	#5							
	#6							
OFF-SET	USE	%	DIMENSION SET	OFF-SET	USE	%	DIMENSION SET	
#01			Cara	#09				
#02			Radio desbasta	#10				
#03			Radio acabado	#11				
#04				#12				
#05				#13				
#06				#14				
#07				#15				
#08				#16				

INSTRUCCIONES ESPECIALES: 1. Sujetar con mordazos blandos por el area maquinada.

* Apendice "A"

TAPON EXPULSABLE 02-67337-00 601 JBL VI-12-88 2/2

9004

N100G00M37T0100

N05G50X13.500Z5.5S0530

N10G9750375M03

N15G00X5.2Z1.0T0101M08

N20G01Z.05F.100

N25X0.0F.01

N30G00X5.2W.400

N35Z0.0

N40G01X-.0312F.01

N45Z.1

N50G00X5.300T0102

N55G71P60Q85U.03W.01D1500F.016

N60G00X-.0312

N65G01Z0.0F.02

N70G03XA.75Z-2.40610.0K-2.406E.008

N75G01Z-2.5F.01

N80X5.0F100

N85G00Z.1

N90T0103

N95G70P60Q85

N100G28U0.0W0.0M05

N105G00T0100M09

N110M30

· C A P I T U L O · V

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el material de una investigación realizada referente a la Programación de Control Numérico Computarizado en los Centros de Torneado. De la investigación realizada se encuentra que, para poder hacer una programación de Control Numérico Computarizado, se requiere de una preparación un tanto complicada del personal involucrado. Pero teniendo un adiestramiento adecuado, el problema de la preparación desaparece.

El problema de una preparación al personal, en esta área, se puede considerar como una desventaja junto con la adquisición de algunas refacciones. Sin embargo estas desventajas tienen solución teniendo un buen programa de mantenimiento preventivo. Y, hasta existe la posibilidad de desarrollar en nuestro país la fabricación de las refacciones que necesitan importarse.

Por otro lado, se puede concluir que las máquinas de Control Numérico Computarizado ofrecen un alto nivel de calidad en las partes fabricadas en ellas. Así también ofrecen la versatilidad de fabricar partes de configuración, que en máquinas convencionales jamás se lograrían manufacturar.

Otra ventaja, y una de las más importantes, es que incrementa el volumen de producción y disminuye el esfuerzo físico de los operadores, suceso muy importante en lo que se refiere a cuidar y mejorar la situación del factor humano.

Por último, se hace mención de que este tipo de máquinas, en general son las más avanzadas tecnológicamente. Y para que la industria no se obsolete y pierda fuerza, debe actualizarse técnicamente.

A P E N D I C E "A"

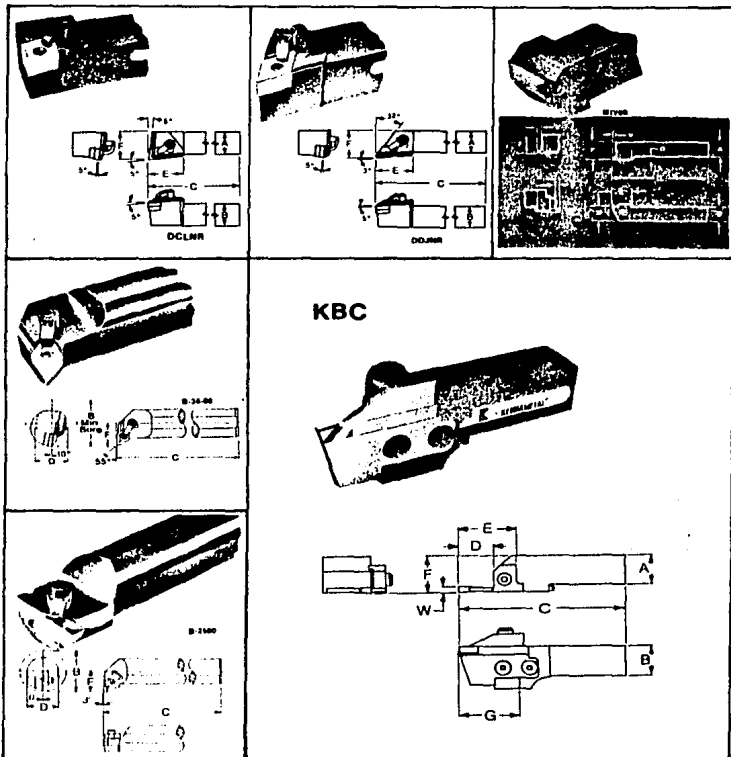
Las herramientas utilizadas para la programación en máquinas de - Control Numérico, son herramientas estándar que se encuentran en los catálogos de los fabricantes de herramientas.

A continuación se muestran las herramientas que han sido utilizadas en los ejemplos del capítulo IV. Recordando que estos ejemplos han sido puestos en práctica.

En los cuadros "A-1" y "A-2", se muestran las figuras de las herramientas. Y en las Tablas "A-1" y "A-2", - se muestran las dimensiones de las herramientas y el código que las identifica.

APENDICE "A"

CUADRO "A-1"



APENDICE "A"

CUADRO "A-2"

<p>CNMG</p>	<p>DNMG</p>	<p>TNMA STUB ACME</p>
<p>DB-3</p>		
<p>NAS Stub Acme</p>		

APENDICE "A"

TABLA "A-1"

CODIGO	D I M E N S I O N E S								
	A	B	C	D	E	F	G	V	W
DCLNR-204D	1/4		6.0		1/4	1.500			
DDJNR-204D	1/4	1/4	6.0		1/4	1.500			
MTVOR-85-S	1.0	1/4	6.0		1 1/2	1 1/4	1/4	0.230	
B-36-10-X		2.000	10 1/2	1/4		1.000			
B-2508-X		1.375	6 1/2	1.0		0.688			
KACR-2023D	1/4	1/4	6.0	1 1/2	2 3/16	1.500	2 13/16		3/16

TABLA "A-2"

CODIGO	D I M E N S I O N E S								
	I.C.	A	B	D	E	H	R	T	W
CNMG-432	1/2		0.1217			0.203	3/16	3/16	
DNMG-432	1/2		0.2553			0.203	1/22	3/16	
TNMG-432M50	1/2			0.204				3/16	0.0476
NJRS-3R1		0.344	0.4026	0.634	0.149			0.195	0.0476
DH-3D		2 3/8							3/16

Nota: Las dimensiones son en pulgadas.

G L O S A R I O

- Algoritmo:** Es un procedimiento en el cual podemos realizar operaciones aritméticas y/o algebraicas.
- Ataque:** Se conoce como ataque, al sentido en que viaja - la herramienta cuando corta el material.
- Avance:** Es la velocidad con que la herramienta, corta el material. Se da en pulgadas por minuto (IPM) o en pulgadas por revolución (IPR).
- Basto:** Se utiliza para expresar un corte burdo. En el caso de roscado, se dice que es de paso grueso.
- Bicel:** Es un ángulo pequeño que se hace en los filos, - con el fin de quitar las esquinas cortantes en - una pieza. También se conoce como caflán.
- Bloque de Programa:** Un bloque de programa, se considera a la información contenida en un renglón de programa. También se conoce como número de secuencia.
- Caracter:** En control numérico, un caracter es una letra o un número (dígito).

Casa: Se llama casa a la coordenada donde inicia el programa. También llamada "Home" o punto de inicio.

Cero pieza: El cero pieza, es donde se establece el origen de los ejes coordenados.

Ciclo Enlatado: Un ciclo enlatado, es un paquete de instrucciones que ejecuta determinados pasos, se puede considerar como un subprograma y se encuentran pre programados en la máquina.

Chaflán: Véase "bicel".

Chip Convejo: Es una banda transportadora de la rebaba.

Conmutador: En las máquinas de control numérico, se conoce como conmutadores a los botones de encendido y -
aparado de alguna sección (Switchs).

Contorneo: Es la acción de perfilar con la herramienta el -
contorno de la pieza de trabajo.

Cota: Par de coordenadas.

Decalaje: Corrección de la herramienta por diferencia en di-
mensión.

Dirección: En programación de control numérico, una dirección, es una letra que le indica al control ejecutar cierta instrucción.

Diskettes: Son dispositivos para almacenar información que se utilizará posteriormente.

Escarear: Bicelar la entrada de un barreno.

Filete: Hilo de una rosca.

Función Máquina: Se llama función máquina, a una instrucción que ejecuta la máquina, ésta está compuesta de una dirección y un número.

Hardware: Es la parte física de la construcción de una computadora.

Indexable: Que se localiza, se posiciona y ajusta automáticamente.

Interface: Es una conexión que enlaza e interconecta dos equipos o un equipo y un accesorio.

Lay-out: Distribución de equipo u organización de un proceso.

- Lead:** Avance del corte en una rosca.
- Lenguaje Máquina:** Es el lenguaje con que se comunica el programador con la máquina, o sea, es el lenguaje de programación que la máquina acepta.
- MAPI:** Machine and Allied Products Institute (Instituto - de Productos y Máquinas Unidos).
- Mandrino:** Cabezal o cortador de la mandriladora.
- Maquila:** Son las partes que se maquinan en talleres auxiliares.
- Mecanizado:** Es la acción de fabricar una parte en una máquina-herramienta.
- OFF-SET:** Margen que permite ajustar las dimensiones.
- Origen:** Es el origen de los ejes coordenados.
- Paraxial:** Doble eje axial.
- Pieza:** Parte mecánica que se fabrica.
- Proceso:** Camino u orden de operaciones para fabricar una - pieza.

Punto de Inicio: Véase "casa".

Radial: Que la dimensión es en radio y no en diámetro.

Reciprocante: Es un movimiento alternativo que entra y sale.

Resolver: Transductor de señal mecánica a señal eléctrica.

RPM: Revoluciones por minuto.

Rugosidad: Es la ondulación que deja una herramienta al mecanizar una superficie.

Servomotor: Es un motor que responde a señales eléctricas de magnitud cuantificada, y se mueve la distancia exacta equivalente a la señal eléctrica.

SFPM: Velocidad de corte en pies por minuto (Speed in Feet Per Minute).

Software: Es la información en programas que la computadora tiene integrada.

Tallar: Este término se usa cuando se fabrica una rosca, se dice que se talla una rosca.

Tool: Herramienta.

Util: Herramienta.

Viruta: Rebaba, material comúnmente metálico, que se desprende al maquinar una pieza.

Volteo: Es el diámetro máximo que es capaz de mover una máquina.

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

- 1.- Alique, López
José Ramón
CONTROL NUMERICO
Ed. Marcombo, S. A.
Barcelona España, 1981.
- 2.- GERMAN NC
Lathe Manufactures
PRINCIPLES OF NC MANUAL
PROGRAMING
Ed. Herbstwerbung
Hannover Alemania, 1971.
- 3.- GIDDINGS & LEWIS
QUE ES CONTROL NUMERICO
Editado por Giddings & Lewis
Fond du Lac Inc.
Wisconsin U.S.A., 1982.
- 4.- HARRIS G.
SELECTING NC LATHE CONTROL
Ed. Numeridex Inc.
Wheeling Illinois U.S.A., 1977.
- 5.- JONES & LAMSON
PROGRAMMING MANUAL
Ed. Waterbury Farrel Textron Inc.
Springfield Vermont U.S.A., 1970
- 6.- MAZAK, Turning Center
PROGRAMMING MANUAL
Ed. Yamazaki Machinery Works, LTD
Norifune Oguchi Japón, 1979.
- 7.- MOON, Gary T.
VERSATILITY OF NUMERICALLY
CONTROLLED EQUIPMENT
Ed. ASTM Technical Paper
MS 69-916
U.S.A. 1969.

8.- RITTER, William M.

CONVENTIONAL VERSUS NC
MACHINES.

Ed. ASTM Technical paper
MS 69-915.

U.S.A. 1969

9.- SEIKI

VERTICAL MACHINING CENTER

Ed. Hitachi-Seiki Co. LTD.

Japón, 1980.

10.- SOCIETY OF MANUFACTURING
ENGINEERS

TOOL AND MANUFACTURING
ENGINEERS HANDBOOK

Ed. Mc Graw Hill Book Company
New York U.S.A., 1976.