

DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN UN MODULO DE
MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA PARA
EL LABORATORIO DE INGENIERIA MECANICA DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ing. Mecánica



DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN UN MODULO DE
MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA PARA
EL LABORATORIO DE INGENIERIA MECANICA DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

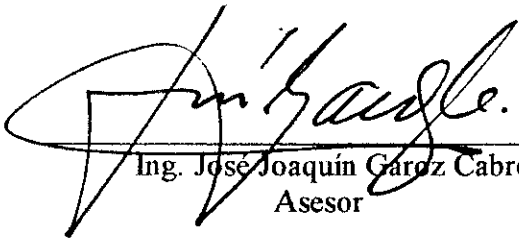
RAMIRO BRAVO ERICASTILLA

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

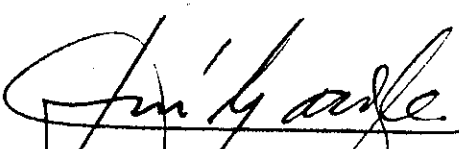
Guatemala

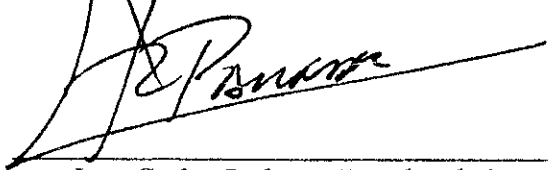
2000


Vo.Bo.:

(f) 
Ing. José Joaquín Garoz Cabrera
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. José Joaquín Garoz Cabrera

(f) 
Ing. Carlos Roberto Paredes de la Vega

(f) 
Ing. Sigurd Moglebust Chúa

Fecha de Aprobación: 13 de Octubre del 2000

Esta tesis la dedico:

A Dios, que me protege y guía por el camino de la paz.

A la Virgen María, que intercede por mí y me cuida en todo momento.

A mis padres y hermanos, que han influido en mi vida de una manera muy especial, enseñándome a diferenciar lo bueno de lo malo.

A mis abuelos, que sirven de ejemplo para toda la familia.

A mi novia Lourdes, porque sin ella no podría estar escribiendo estas palabras.
Gracias por su apoyo incondicional y comprensión durante este tiempo.

A mis amigos, para que se esfuercen y puedan lograr las metas que se plantean
en la vida.

CONTENIDO

	Páginas
I. INTRODUCCION	1
II. MÁQUINAS CNC.....	3
A. Conceptos generales.....	3
B. Fresadora CNC Mini-Mill.....	5
C. Torno CNC Mini-Lathe.....	9
III. PROGRAMACIÓN CNC	13
A. Sistemas de coordenadas	13
B. Abriendo el programa CNC	14
C. Guía para programar.....	30
IV. PRÁCTICAS BÁSICAS.....	36
A. Fresadora	36
B. Torno.....	46
V. PRÁCTICAS AVANZADAS.....	58
A. Fresadora	58
B. Torno.....	59
VI. DETECTORES	62
A. Función	62
B. Objetivos de los detectores	63
C. Cuidado de las fibras ópticas	63
D. Tipos de detectores	64
E. Aplicaciones en el laboratorio	65

VII.	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)	67
	A. Definición	67
	B. Componentes	68
	C. Software a utilizar	71
	D. Interruptores	73
	E. Programación Escalera	77
	F. Modos de operación	84
	G. Aplicaciones de los PLC's	87
VIII.	BRAZO ROBOT	95
	A. Introducción	95
	B. Tipos de robots industriales	96
	C. Fuentes de energía	98
	D. Movimientos básicos	98
	E. Operación	100
	F. Prácticas	101
IX.	MESA DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA	105
	A. Manufactura ayudada por Computadora (CIM)	105
	B. Procesos Industriales	106
	C. Práctica Final	107
X.	CONCLUSIONES	115
XI.	BIBLIOGRAFIA	118
	APENDICES	
	A. Códigos G	119
	B. Códigos M	121

I. INTRODUCCION

La Universidad del Valle de Guatemala posee equipos destinados a la implementación de un laboratorio de alta tecnología en su Departamento de Ingeniería Mecánica.

Actualmente estos equipos no son aprovechados por la mayoría de los estudiantes en su formación en esta área, debido a la dificultad que se tiene para su manipulación por el alto nivel académico que se requiere. Máquinas tecnológicas como PLC's y máquinas herramientas de diseño asistido por computadora (CNC), son muestras del alcance que éste posee.

El presente trabajo de graduación tiene el objetivo principal de colaborar con la Universidad para que el laboratorio sea utilizado por los estudiantes en la adquisición de conocimientos en el área de automatización. La manera fácil de lograr este objetivo es por medio de prácticas de laboratorio organizadas adecuadamente para que, partiendo de ejercicios sencillos, se pueda llegar a desarrollar otros más complejos.

El procedimiento que se tiene determinado para cubrir todos los módulos del laboratorio es en forma progresiva y ascendente: primero, la enseñanza teórica de los principales conceptos que se necesitan en cada uno de los módulos; a continuación se efectúan prácticas básicas, que demuestran de una forma fácil lo aprendido. Cuando ya se está familiarizado con las máquinas y se han realizado las prácticas designadas para cada módulo, se asignan trabajos con un nivel de dificultad más alto.

Cada capítulo contiene y detalla un módulo en especial. Entre estos se pueden mencionar los siguientes: máquinas CNC, controladores lógicos programables (PLC), detectores, brazo robot y mesa de manufactura integrada por computadora (CIM). En el último capítulo se trata de relacionar todas las prácticas efectuadas en los módulos, para llegar a manejar el laboratorio en conjunto como un solo equipo.

II. Máquinas CNC

A. Conceptos generales

Las máquinas que existen en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la UVG tienen la capacidad de elaborar diseños y piezas de alta exactitud, gracias a la programación CNC. CNC significa Control Numérico por Computadora (Computer Numerical Control), y es parte muy importante de un CIM o Proceso de Manufactura Integrada por Computadora (Computer Integrated Manufacturing). Este es un proceso en donde se enlazan varios componentes controlados por medio de una computadora y son manejados simultáneamente para realizar un proceso de manufactura.

La razón que llevó a crear este concepto fue la alta demanda de calidad en los procesos industriales de todo el mundo. Gracias a la implementación de la última tecnología en estaciones de trabajo, el concepto de CIM ha llegado a tomar renombre en las industrias manufactureras.

Entre los componentes que pueden conformar un CIM se encuentran las fresadoras automáticas controladas por programación numérica por computadora, CNC.

Antes del desarrollo y la aplicación del control numérico por computadora a mediados de 1950, todas las máquinas eran controladas por la experiencia del operador, quien usaba sus ojos y manos para guiar la herramienta alrededor de la pieza para fabricar un producto. La calidad del producto por realizar dependía altamente de la técnica y capacidad de cada operador atrás de la máquina.

La introducción del control numérico por computadora aportó la capacidad de comunicar las máquinas por medio de un programa de códigos y números. El control numérico provee la manera de controlar el equipo para realizar una labor. La primera máquina manejada por control numérico se realizaba por medio de tarjetas perforadas, en donde un agujero significaba un número y a la vez una función, esto fue alrededor de 1950.

La figura 1 muestra la manera antigua como se manejaba el control numérico

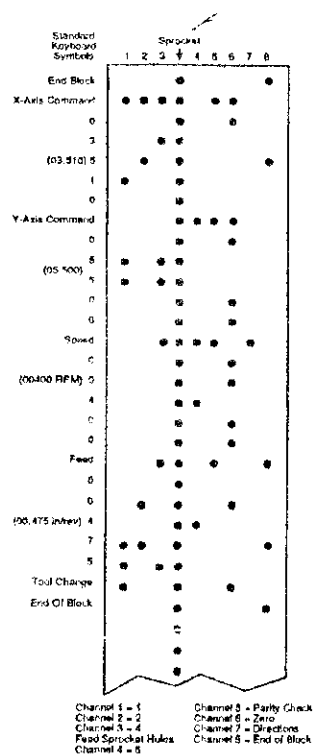


FIGURA 1

En nuestros tiempos esto ha cambiado radicalmente gracias a la tecnología de punta que se vive ahora. El control numérico es realizado por medio de programas de computadora en donde se ingresan coordenadas y códigos, y estos se transforman en señales eléctricas que efectúan un movimiento en la máquina. Es de ahí donde nace el nombre de CNC, ya que involucra a la computadora con el hombre.

B. Fresadora CNC Mini-Mill

La fresadora es una máquina utilizada para remover material de superficies externas e internas de una pieza de trabajo. El uso del CNC permite producir superficies planas o curvas. Las típicas funciones de la fresadora son: fresado de superficies y taladrar.

Los elementos de una fresadora son los siguientes: mesa, pinzas, taladro y controlador. Las pinzas se utilizan para sujetar la pieza de trabajo a la mesa mientras está siendo trabajada; el controlador es la parte principal de la fresadora, ya que es donde se almacena el programa en la memoria que se quiere realizar.

La fresadora posee 3 movimientos diferentes usualmente definidos como X, Y y Z. Estos movimientos son identificados por la regla de la mano derecha que nos indican los movimientos relativos de: adelante-atrás, derecha-izquierda, arriba-abajo. Esto se muestra en la figura 2. Cada uno de estos movimientos es controlado por un motor llamado *stepper*, que tienen la función de avanzar una pequeña cantidad a velocidades pequeñas en cualquier dirección que se desee. Los movimientos se hacen sobre guías paralelas y un tornillo sin fin que está acoplado al *stepper*.

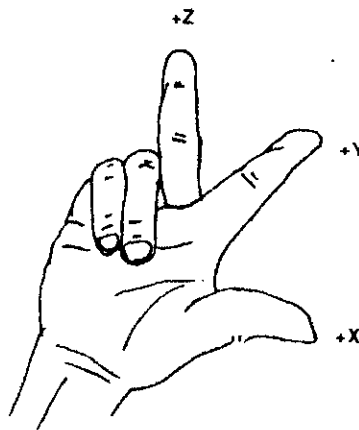


FIGURA 2

La fresadora que posee la UVG es la CM-171M MiniTech CNC Mill; los componentes que la forman son los que se ilustran a continuación. Esta fresadora se utilizará para las prácticas en el laboratorio. Es de fijarse que la mayoría de los componentes son controlados automáticamente, no es necesario que el operador realice ninguna maniobra. Este es el fin con las máquinas CNC.

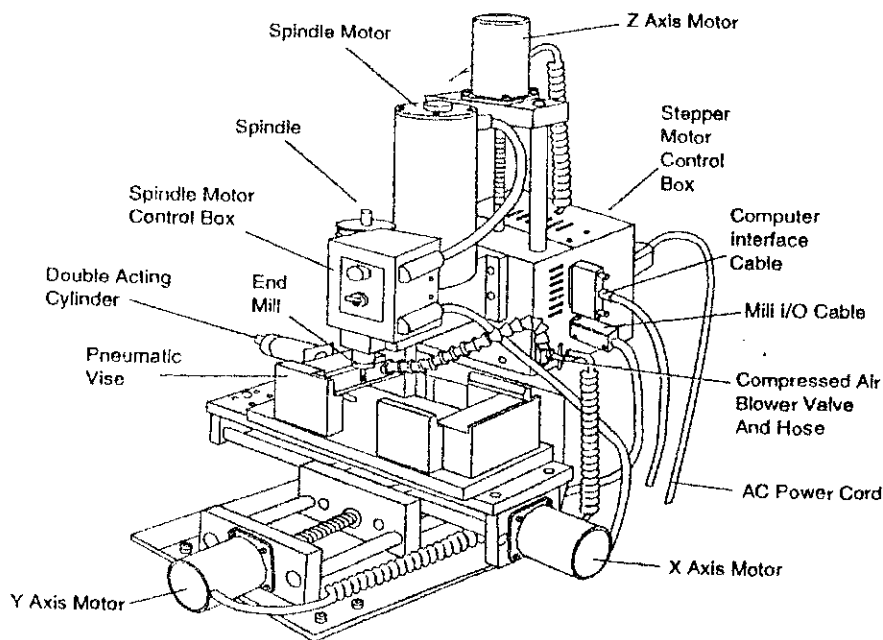


FIGURA 3

1. Manejo de la fresadora

a) Seguridad

Lo más importante a tomar en cuenta en el manejo de cualquier máquina es la seguridad. La precaución y la seguridad deben ser tomadas en cuenta siempre que se utilice el Mini-Mill, así como otras máquinas del laboratorio.

A continuación se presentan algunas reglas de seguridad que deben cumplirse.

- Siempre utilizar anteojos protectores. Esta máquina, así como otras, desprenden materiales que pueden dañar los ojos. Utilizar los anteojos proporcionados por el laboratorio.
- Leer detenidamente la descripción del funcionamiento de la máquina así como sus aplicaciones y limitaciones.
- Mantener las guardas de seguridad en su lugar, así como el protector plástico en su lugar para una doble protección.
- Mantener el área de trabajo limpia para evitar accidentes.
- Las personas ajenas al laboratorio que sean visitantes deben tener mayor precaución ya que desconocen el funcionamiento de la máquina y sus consecuencias.
- Utilizar las herramientas adecuadas para el manejo de la máquina.
- No utilizar ropa de manga larga, ya que puede resultar que el motor agarre la ropa y ocurra un accidente.
- Asegurar bien la pieza de trabajo en la pinzas.

b) Encendido de la máquina

Para que el equipo sea manipulado de la forma correcta y no incurrir en daños y perjuicios, al proceder a utilizar la máquina se deben seguir los pasos que se indican a continuación:

- La mesa CIM posee dos pulsadores rojos en forma de hongo que son de seguridad, para que cualquier aparato que se encuentre en la máquina pueda ser utilizado, estos dos pulsadores deben estar levantados.

- Verificar que el enchufe se encuentre en el tomacorriente que está por debajo de la mesa CIM.
- En el lado derecho se encuentra la fuente de potencia que suministra energía a la fresadora, esta posee un interruptor rojo el cual se debe accionar para que la fresadora trabaje, una luz roja indica la operación de este dispositivo.
- En la fresadora se encuentra un interruptor que controla el encendido y apagado individual del motor principal, así como un control de velocidad. Este interruptor debe colocarse en ON para que el motor funcione.
- El protector de plástico transparente se debe colocar, de manera que cualquier partícula que se desprenda de la pieza de trabajo sea detenida por dicho protector.
- Una válvula de paso de aire controla el suministro de aire para la tobera de limpieza y debe estar colocada de manera que el aire retire las partículas que están siendo extraídas de la pieza de trabajo. La válvula debe estar abierta para que efectúe dicha función y su apertura es girar la manecilla en sentido contrario a las agujas del reloj.
- Se debe verificar que el cable paralelo que viene de la computadora esté conectado de la manera correcta al conector hembra del controlador que se encuentra a un lado de la fresadora.

c) Apagado de la fresadora

La forma como se debe utilizar el programa CNC que controla la fresadora será descrita detalladamente junto con el torno que es manejado también automáticamente por medio de CNC. En esta parte sólo se indica la manera correcta de manipular la máquina, ya

que el resto del trabajo lo hace el programa CNC. Para el apagado se deben seguir los pasos siguientes:

- Colocar el interruptor del control de velocidad en OFF
- Apagar el interruptor de la fuente de potencia hasta que la luz roja desaparezca.
- Oprimir los dos interruptores rojos de seguridad.

C. Torno CNC Mini-Lathe

Esta máquina es utilizada industrialmente para realizar piezas que tengan la característica principal de ser simétrica. Los tornos en la industria son utilizados en talleres de manufactura como en las grandes industrias. Existen tornos pequeños como el que se tiene en el laboratorio y también grandes como del tamaño de un automóvil.

El principio como trabajan estas máquinas es por medio de remover material de la pieza de trabajo promedio de una cuchilla, en este caso buriles, debido al movimiento giratorio a altas revoluciones de la pieza a fabricar. El buril solamente se introduce en el material y éste va removiendo partículas del mismo de manera radial.

Dos de las últimas técnicas utilizadas en la manufactura son FMS (Flexible Manufacturing Systems), Sistemas de manufactura flexible y CIM (Computer Integrated Manufacturing), Manufactura integrada por computadora. Estas dos técnicas se complementan y forman el CAM (Computer Aided Manufacturing), Manufactura ayudada por computadora.

Con esta técnica un dibujo CAD puede ser transformado y utilizado en una aplicación de torno con CNC. El procedimiento es el siguiente:

- Se diseña la pieza a fabricar en AutoCAD o un programa de dibujo.
- Las coordenadas son medidas del dibujo almacenadas dentro de las hojas de programación.
- Usando un programa de CNC se escribe un programa de blocks con los códigos respectivos (G y M).
- El programa es grabado para luego ser corrido y la máquina lo fabrique.

1. Manejo del torno

a) Seguridad

Con esta máquina también hay que tener precaución, ya que existen partes móviles expuestas y con peligro a que se salgan de su posición. Para que todas las operaciones de la máquina sean satisfactorias hay que seguir unas reglas de seguridad para prevenir accidentes.

Por ejemplo, si el mandril no sujeta bien la pieza y está por tener una fuerza centrífuga debido a la velocidad de giro puede llegar a soltarse y causar un accidente. Para evitarlos es necesario seguir las siguientes reglas:

- Conocer muy bien los controles de la máquina
- Asegurarse de que todos los cables y conectores estén en buenas condiciones y conectados de la manera correcta.
- Mantener todas las cubiertas en su lugar y las piezas en orden.
- Utilizar lentes plásticos de protección.
- Abstenerse de utilizar relojes o cadenas que puedan ser atrapadas por las partes móviles de la máquina.

- Utilizar la herramienta correcta y la configuración adecuada antes de manipular el torno.
- Nunca trate de alcanzar la pieza de trabajo con la máquina en operación.
- Desconectar la máquina cuando se realicen cambios o ajustes (reparaciones, limpieza, ajustes de buriles, etc.).
- Utilizar la simulación que trae el programa CNC antes de utilizar el programa directo con la máquina.
- Comprobar el programa para estar seguro que ningún error de programación pueda ocurrir.
- Utilizar la tecla ESC del computador para abortar o interrumpir cualquier operación.

b) Encendido de la máquina

Para la correcta operación de la máquina se deben de seguir los pasos de encendido siguientes:

- Verificar que todas las conexiones a los tomacorrientes estén en su correcta posición.
- Asegurar todos los conectores eléctricos en la fuente de potencia, así como en el motor principal y en los *steppers*.
- Debajo de la mesa donde está colocado el torno existe una fuente de potencia. Esta fuente de potencia posee un interruptor de color rojo, éste se debe de accionar para darle corriente al motor. Se puede verificar al observar el panel de control que está situado debajo de la mesa el cual tiene varias luces pilotos de color verde y rojo. Cuando la máquina está lista para operarse estas luces están encendidas.

- En el torno mismo existe un interruptor rojo que se puede girar para el lado derecho e izquierdo. Este hace que el cabezal del torno gire hacia las dos direcciones posibles. Para operarlo en su manera usual se debe girar el interruptor para el lado derecho a partir de su posición neutral que es el centro.

c) Apagado de la máquina

- Girar el interruptor que acciona el motor del cabezal para la posición central.
- Apagar la fuente de potencia accionando el interruptor rojo.
- Desconectar el enchufe principal del tomacorrientes.

III. Programación CNC

A. Sistemas de coordenadas

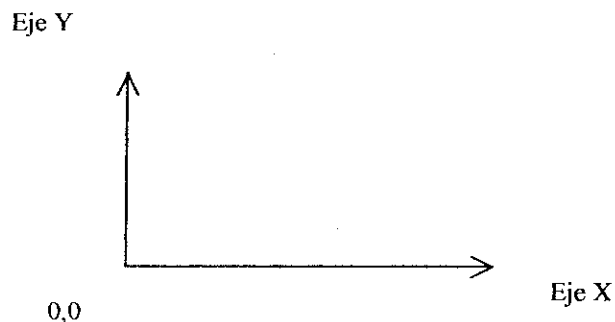
Para comenzar la programación en CNC, ya sea la fresadora o el torno, se debe estar familiarizado con el sistema de coordenadas cartesianas, el eje X, el eje Y y el eje Z, así como el punto de origen 0,0,0 para el caso de la fresadora y 0,0 para el torno, ya que éste sólo trabaja con los ejes, X y Z.

El sistema de coordenadas cartesianas se basa en la cuadrícula numérica en donde se representan valores iguales para cada división. Para cada eje existe su parte positiva(+) y su parte negativa(-).

Existen dos tipos de programación cuando se utilizan coordenadas cartesianas: las medidas absolutas y las medidas por incrementos.

Las medidas absolutas son todas relativas al punto de partida, en este caso el 0,0,0. Al indicar un nuevo trazo, la posición final se debe medir desde su origen.

Las medidas por incrementos son relativas a la última posición en donde se terminó el último trazo, así para programar el próximo trazo se toma como origen la posición última y



así sucesivamente con todos los trazos que se realicen.

B. Abriendo el programa CNC

Para utilizar el programa CNC se deben seguir los siguientes pasos, para luego iniciar el proceso de programación.

- Encender la computadora.
- Al ingresar a Windows seleccionar *Start, Programs, MS-DOS Prompt*.
- Luego aparecerá en la pantalla *C:\Windows>*
- Escribir lo siguiente: *cd.. [Enter]*, y aparecerá lo siguiente: *C:\>*
- Ahora escribir *cd cnc [Enter]*
- Escribir solamente *cnc [Enter]*
- Ya efectuados estos pasos, se deben seguir las instrucciones que aparecen en la pantalla hasta llegar a la pantalla del menú principal.
- Ya en la pantalla del menú principal se puede comenzar a programar

La pantalla que aparece es la del menú principal. Aquí es donde se inicia todo programa que se quiera efectuar. En la parte superior izquierda aparece el nombre del archivo que se está ejecutando, si no existiera ningún archivo aparecerán las palabras *Untitled file*. Del lado derecho de la pantalla aparece el número de *Blocks* que posee dicho programa.

En medio tienen varias opciones en donde se puede ingresar a cada uno de los submenús. Los menús principales son:

- ▣ *File Operations*

- *Edit Functions*
- *Simulation/Verification*
- *Tool Operations*
- *DOS Shell*
- *Help*

Si se ingresa a cualquiera de estos menús y se desea regresar al menú anterior solamente hay que oprimir la tecla [Esc].

En cualquiera de las pantallas en donde se trabaje en la parte inferior de la pantalla se encuentran ayudas rápidas para ingresar a las opciones que se indican.

1. Operaciones de archivos (*File Operations*)

En este menú es donde se enlaza el programa con el disco duro de la máquina o *diskettes*. Use estas funciones cuando se quiere grabar, cargar o borrar archivos listados en el disco duro. Los submenús son los siguientes:

- *Load file from disk*
- *Save file to disk*
- *Display files on disk*
- *Delete file from disk*

No se detalla cada uno de los menús disponibles aquí, ya que estas operaciones son las básicas que se utilizan en cualquier ambiente o programa de computadora.

2. Funciones de edición (*Edit Functions*)

Este menú es el que da acceso al editor del programa CNC y otras herramientas útiles para los trabajos de programación. Estas funciones proveen de herramientas como ver,

editar, crear e imprimir partes del programa CNC, y Blocks del archivo. Se usarán estas funciones para trabajar con los códigos utilizados en la programación CNC e información asociada. Los submenús son los siguientes:

- *Archivo de bloques (Block File – View/Edit)*
- *Configuración de trabajo (Job Plan – View/Edit)*
- *Crear nuevos bloques y configuración (Create new blocks and job plan)*
- *Imprimir bloques en la impresora (Print blocks on printer)*

a) *Archivo de bloques - Ver/ Editar (View/Edit)*

Esta función del programa CNC es una herramienta que sirve para ver y editar la información contenida en un archivo block. Un archivo block es una parte del programa que contiene los números y códigos usados para el control numérico de la máquina.

Cuando se utiliza esta función aparece la pantalla principal de programación. Esta pantalla contiene columnas tituladas por los siguientes nombres: *Line, G, M, X, Y, Z, I, J, K, Feed, Spindle*. Cada una de estas columnas son la base para la programación CNC. Para ingresar a la ayuda por el programa, se debe posicionar el cursor en la columna de la cual se desea saber la información y teclear [F1].

Esta pantalla se puede observar como lo indica la figura 4

```

Block File: [C:\NEWCNC\GDEMO5.BLK] [90] Blocks
Line  G  M  X      Y      Z      I      J      K      Feed  Spindle
[1] 190
2 00      0.375      1.01
3 00      0.36      1.01
4 01
5 00      1.01
6      0.345
7 01      0.11
8 00      1.01
9      0.33
10 01      0.125
11 00      1.01
12      0.315
13 01      0.14
14 00      1.01
15      0.3
16 01      0.155
17 00      1.01
18      0.285

[Esc]=Exit Editor  [F1]=Editor Help  [F2]=General Help  [ALT J]=Job Setup

```

FIGURA 4

Más adelante se entrará en detalle sobre cómo utilizar esas columnas para programar cualquier diseño que se quiera hacer.

b) Configuración de trabajo (*Job Plan*)

Aquí es donde se ingresa información adicional y necesaria para operar una máquina CNC. Cada programa que se vaya a ejecutar debe contener las dos partes principales, un *Job Plan* y un *Block file*. El *Job Plan* es como la configuración inicial que se le da a la máquina para que funcione y ejecute las ordenes enviadas por el *Block file*.

La información que va contenida en el *Job Plan* es la siguiente:

- Tipo de máquina (*Machine type*)
- Nombre del programa (*Program Name*)
- Razón de penetración de la herramienta de corte (*Tool Feed Rate*)
- Razón de interpolación (*Interpolation Rate*)

- Relación de movimiento rápido (*Rapid Traverse Rate*)
- Dimensiones del material (*Material Dimensions*)
- Posición inicial del cortador (*Initial Position*)
- Notas y comentarios (*Notes*)

Aquí lo que se indica es la clase de máquina que se va a utilizar. Como en el laboratorio existen dos máquinas que pueden ser controladas por medio de CNC, entonces es aquí donde se indica qué máquina se va a trabajar. Las máquinas disponibles en el laboratorio son la fresadora y el torno. Para utilizar la fresadora se debe seleccionar la opción que dice *Crear configuración* dentro del menú de opciones que se despliega al oprimir la tecla "c" donde dice *Press C* y proceder a ingresar los datos siguientes:

i) Configuración del Job Plan para la fresadora

<i>Machine name:</i>	Fresadora
<i>Machine type:</i>	2
<i>Motor 1 factor:</i>	2
<i>Motor 2 factor:</i>	2
<i>Motor 3 factor:</i>	2
<i>Maximum X distance:</i>	10
<i>Maximum Y distance:</i>	10

Maximum Z distance:	2.5
Default Spindle speed:	2000
Default tool feed rate:	10
Default interpolation rate:	13
Default rapid traverse rate:	15.5
X- axis Backlash value:	0.002
Y- axis Backlash value:	0.002
Z axis Backlash value:	0.002

Para utilizar el torno se efectúa el mismo procedimiento y se ingresan los siguientes datos.

ii) Configuración del Job Plan para el torno

<i>Machine name:</i>	Torno
<i>Machine type:</i>	1
<i>Motor 1 factor:</i>	4.7
<i>Motor 2 factor:</i>	1
<i>Motor 3 factor:</i>	-2.1
<i>Maximum X distance:</i>	5

<i>Maximum Y distance:</i>	0
<i>Maximum Z distance:</i>	12
<i>Default Spindle speed:</i>	2400
<i>Default tool feed rate:</i>	1
<i>Default interpolation rate:</i>	3
<i>Default rapid traverse rate:</i>	5
<i>X- axis Backlash value:</i>	0.000
<i>Y- axis Backlash value:</i>	0.000
<i>Z- axis Backlash value:</i>	0.000

Ya ingresadas estas especificaciones hay que teclear [Esc] para salirse de esa pantalla. El programa preguntará si quiere guardar dicha configuración en el disco duro. Se tiene que escoger la opción que sí, para que la próxima vez que se quiera hacer otro programa no se tengan que ingresar de nuevo los datos, sino que sólo obtenerla del disco duro, y las configuraciones serán las mismas.

c) Crear nuevos bloques y nueva configuración de trabajo (*Create new blocks and new job*)

La programación se realiza cuando se va a comenzar un nuevo trabajo. Como lo que se tiene que hacer primero es configurar la máquina, el primer paso es crear un nuevo plan de trabajo con las especificaciones que se indicaron anteriormente, dependiendo de si se va a trabajar en una fresadora o un torno.

d) Imprimir bloques en la impresora (*Print blocks on printer*)

Si se desea, después de concluido el programa, se pueden mandar a imprimir los bloques del mismo a la impresora. Esta opción es requerida y recomendable cuando se tiene programas muy largos que hacen necesario guardarlos en otra forma como un archivo de copia, en caso de fallas en el disco.

Los bloques se pueden guardar en un medio de almacenamiento interno para mayor seguridad, lo único que hay que hacer es escoger la opción sí cuando el programa lo pide.

3. Simulación/ Verificación (*Simulation/ Verification*)

En este menú se encuentran todas las funciones que proveen la capacidad de probar el programa antes de hacerlo en la máquina. El programa CNC despliega gráficamente los resultados del programa para observar los movimientos que se generan con las instrucciones y coordenadas dadas.

Use estas funciones para simular los movimientos de la herramienta de corte y para verificar cada uno de los códigos ingresados para comprobar su validez. Estas funciones permiten revisar dinámicamente los códigos al mismo tiempo que se van generando.

En cada pantalla donde se ingrese se encontrarán herramientas e instrucciones de ayuda que lo guiarán para el buen control de estas pantallas.

Este menú permite el ingreso a las siguientes funciones:

- Tool Path Display
- Material Removal Display

A continuación se presenta una breve explicación de cada una de estas funciones.

a) Despliegue de la herramienta de corte (*Tool Path Display*)

Esta función describe gráficamente todos los comandos que se han ingresado al programa para realizar un trabajo o un diseño. El programa CNC despliega los movimientos exactos que la herramienta de corte tiene que hacer para efectuar el diseño programado.

Esta función analiza cada línea ingresada en el programa y la ejecuta de manera individual o continua. Esto tiene la ventaja que si el programa tiene algún error se pueda saber con exactitud en qué línea sucedió y así corregirlo.

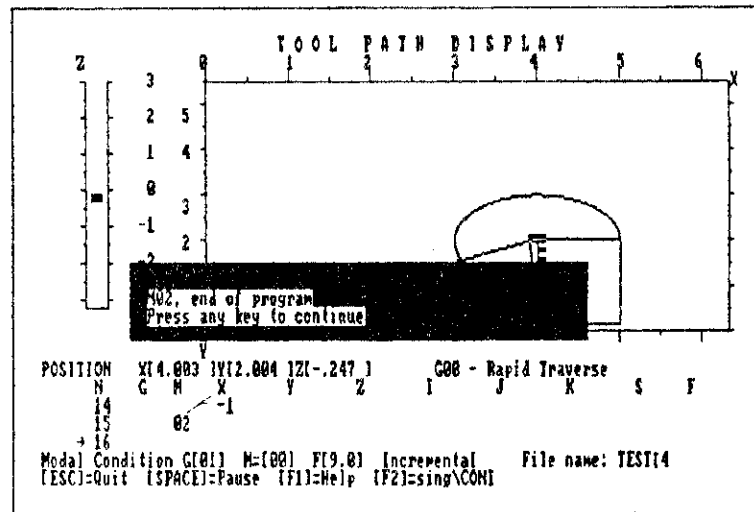
Se recomienda utilizar siempre esta función antes de efectuar el trabajo definitivo en la máquina.

Las características de esta pantalla sirven de mucho para guiarse por toda la ejecución del programa. Aquí se podrá observar el comportamiento del programa. Estas características son:

- *Mill/ Lathe*: Indica qué tipo de máquina se está utilizando.
- *Axes*: Muestra los ejes de coordenadas. Cuando se está utilizando la fresadora, la pantalla muestra los tres ejes de coordenadas X, Y y Z. Cuando se utiliza el torno solamente muestra dos, el eje X y el Z.
- *Material Size*: Muestra el tamaño de la pieza de trabajo como se indicó en las configuraciones iniciales.
- *Current Position*: Indica la posición en la que el cortador se encuentra. No importa qué clase de programación se está utilizando, si es de manera absoluta o por incrementos, la posición que se indica aquí es siempre absoluta respecto del punto de origen 0,0,0.

- *Code Description:* Con esto se muestra el código que se está efectuando, puede ser código G o M. Cada línea puede cambiar cada vez de código.
- *Block Line:* Cada línea del bloque se muestra aquí y se indica por una flecha del lado izquierdo la que se está efectuando. Se muestran también líneas adicionales, estas son: la línea previa realizada y la próxima por realizar.
- *Modal Condition:* Bastantes códigos son modales en el CNC. La pantalla muestra la condición de cada código. Los códigos G, M y la velocidad son desplegados en el momento de la ejecución.
- *Programming Mode:* Con esto se indica el modo que se está utilizando para programar, si es de manera absoluta o por incrementos.
- *File Name:* Para estar seguros del archivo que estamos efectuando se muestra el nombre de este archivo.
- *Sing/ Cont:* Aquí se muestra qué tipo de ejecución se está llevando a cabo, si es por pasos o mejor dicho de manera singular; o si se está efectuando de manera continua. Si se utiliza la manera singular hay que oprimir la barra espaciadora para que se proceda al siguiente paso.

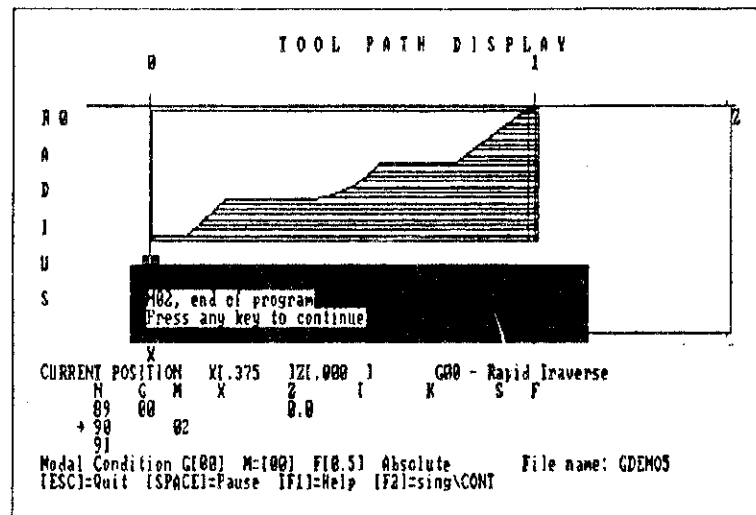
La manera como la pantalla aparece cuando se está utilizando la fresadora se observa en la figura 5.



Tool Path Display - Mill

FIGURA 5

Y la manera como aparece cuando se utiliza el torno esta en la figura 6.



Tool Path Display - Lathe

FIGURA 6

b) Despliegue del material removido (*Material Removal Display*)

Esta pantalla muestra de una manera gráfica el resultado que va quedando en la pieza de trabajo, ya que la parte correspondiente al material removido se elimina y solamente queda la pieza que se va formando.

Aquí se puede tener una visión más real de la pieza ya terminada. Esta pantalla solamente es permitida cuando se hacen trabajos en el torno. Si se trata de utilizar con la fresadora se observará un mensaje de error.

Las características que se mencionaron anteriormente también son posibles de utilizarlas en esta otra pantalla. Son parecidas, la única diferencia es que aquí los trazos no quedan marcados, sino que se elimina definitivamente la parte trabajada.

Como se puede observar a continuación, la pantalla es similar a la anterior, sólo que ahora ya no muestra los trazos por donde pasa la herramienta de corte.

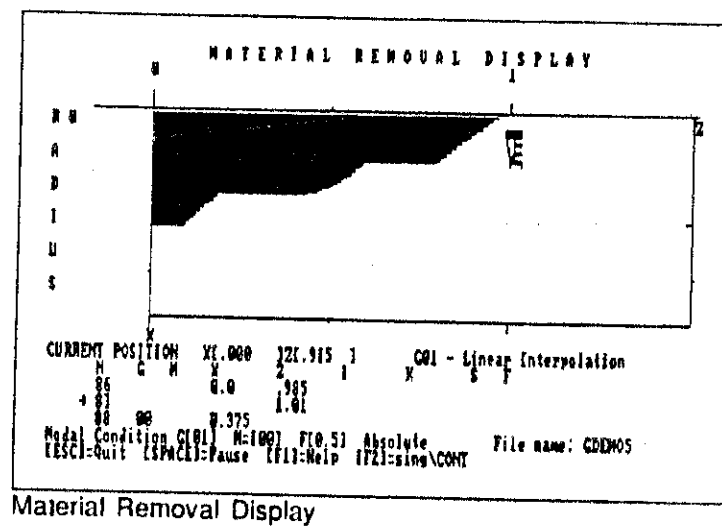


FIGURA 7

4. Operaciones de la herramienta (*Tool Operations*)

Estas funciones suministran un enlace directo entre el programa CNC y la máquina CNC que se esté utilizando. Aquí se pueden manejar los ejes de coordenadas de las máquinas por medio de los motores *stepper* que poseen. Se puede posicionar la herramienta en el punto de inicio que desee, sobre la pieza que se va a trabajar.

En este menú se encontrarán funciones para ejecutar el programa y para posicionar la pieza de trabajo o el buril donde sea necesario, dependiendo de la máquina que se utilice. Las funciones que contiene son:

- Correr el programa de la pieza (*Run Part Program*)
- Control incremental (*Job Control – Incremental*)

a) Correr el programa (*Run Part Program*)

Aquí es donde se ejecuta el programa que esté en la memoria. Para correr el programa sólo hay que cargarlo en la memoria, luego ingresar en este menú y seleccionar *Run Part Program* y oprimir [Enter]. Después de esto aparecerá un mensaje donde advierte al usuario del peligro al que se esté enfrentando, por lo tanto recuerda el uso de los lentes protectores.

Al ejecutar el Programa CNC éste lee cada línea de los bloques y presenta en la pantalla los movimientos que hace el cortador conforme se van ejecutando las líneas. De una manera gráfica se muestra el progreso del diseño pudiendo utilizar las características descritas anteriormente; por ejemplo, se puede desear que el programa sea ejecutado de una manera pausada y no continuamente. Cuando se quiera interrumpir la ejecución del programa solamente hay que oprimir la tecla [Esc] y la máquina suspende su actividad. Luego aparece un mensaje donde pregunta al usuario si está seguro de salir del programa. Si

se escoge que *sí*, preguntará si se desea que la máquina regrese a su punto de inicio. Es recomendable escoger que *sí* regrese al punto de inicio para no perder la posición inicial de donde todas las coordenadas programadas parten. Si se escoge que *no*, será necesario ajustar de nuevo la posición de inicio de forma manual.

Al finalizar el programa en la pantalla aparecerá el mensaje donde pregunta si desea regresar el cortador a la posición inicial. Aquí es también aconsejable siempre escoger que “Sí”, cuando se trate de cortes no repetitivos. Se debe escoger “No” cuando se va a trabajar un corte varias veces, con esto la posición inicial del siguiente corte es la posición final del corte efectuado.

b) Control incremental (*Jog Control – Incremental*)

Esta función es la que se utiliza cuando se quiere colocar el cortador en la posición inicial elegida. Los movimientos se van a controlar con las teclas de flechas. Cada vez que se presione una tecla el motor se moverá una distancia predefinida hacia esa dirección. Cada flecha tiene una dirección ya definida en la máquina. La cantidad que se mueva el motor puede hacerse variar para hacer movimientos grandes y movimientos pequeños o de precisión.

Muchas funciones aparecerán en las pantallas donde se utiliza el *Jog Control*. Estas efectúan movimientos relativos a una posición inicial que se puede alterar en la misma pantalla. También se puede cambiar el valor que se va a mover el cortador cada vez que se presione una tecla.

Las relaciones de movimientos en las máquinas son:

Para la Fresadora:

[↓] = Mueve el cortador para afuera (+X)

[↑] = Mueve el cortador para adentro (-X)

[→] = Mueve el cortador para la derecha (+Y)

[←] = Mueve el cortador para la izquierda (-Y)

[Page Up] = Mueve el cortador para arriba (+Z)

[Page Down] = Mueve el cortador para abajo (-Z)

Para el Torno:

[↓] = Mueve el cortador para afuera (+X)

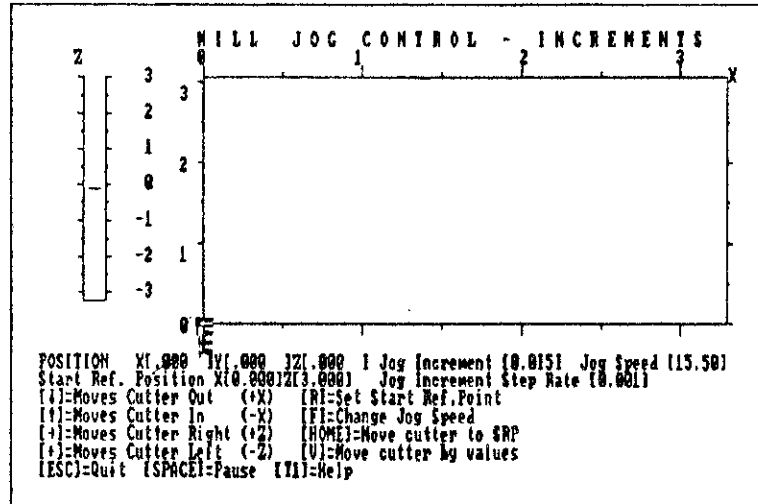
[↑] = Mueve el cortador para adentro (-X)

[→] = Mueve el cortador para la derecha (+Z)

[←] = Mueve el cortador para la izquierda (-Z)

Estas son las pantallas que identifican cada una de las máquinas. Nótese que se leen diferentes ya que una tiene movimientos en 3 direcciones y la otra solamente en 2.

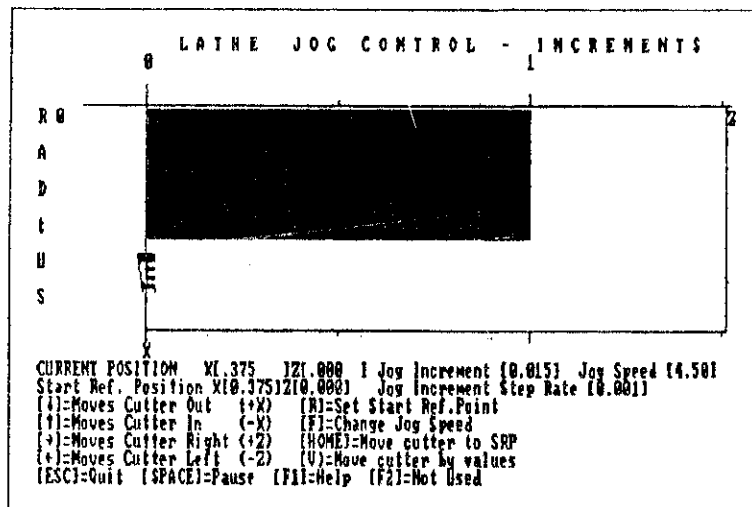
Fresadora



Jog Control - Mill

FIGURA 8

Torno



Jog Control - Lathe

FIGURA 9

C. Guía para programar

Ahora entramos a la parte real de la programación, ya la máquina está configurada y ahora lo que se quiere es comenzar a introducir números y coordenadas para que nuestro diseño sea elaborado con la fresadora. Lo que hace falta es saber con exactitud para qué se utilizan cada una de las columnas mencionadas anteriormente cuando se está en la pantalla de programación por medio de blocks. Esta pantalla muestra las columnas siguientes:

1. Línea (Line)

La columna *line* muestra el número de línea del block file. Estos números son útiles para programas muy largos en donde hay que movilizarse de una línea a otra sin tener que pasar por todas las que están de por medio. Así se pueden utilizar teclas como [*PgUp*], [*PgDn*], [*Home*], [*End*], [*Ins*], [*Del*] y [*Go to*] para desplazarse por todo el programa.

2. Códigos G

Esta es una de las partes más importantes en la programación CNC, porque con estos códigos se indicarán funciones adentro del programa que hacen a la máquina capaz para efectuar algunos movimientos. Se les llama códigos G porque son los códigos generales del programa de bloques. Estos códigos pueden ser cambiados o eliminados dentro del programa cuando se requiera. Solamente un código G puede ser ingresado en cada línea. El programa de CNC reconoce solamente los códigos G que estén en la configuración del programa. Si se ingresara un código G que no pertenece a la lista que se verá a continuación, el programa no lo reconoce y no deja que se ingrese.

Estos códigos se utilizan para diferentes máquinas, unos pueden ser utilizados en la fresadora y no en el torno o viceversa, algunos códigos son utilizados en un tipo de fresadora pero no en otro tipo de fresadora inclusive.

Para observar la lista de todos los códigos G y una especificación de cada uno se debe de situar en la columna G y presionar [F1].

Los códigos G son:

- G 00 *Rapid Traversé*
- G 01 *Linear Interpolation – Contouring*
- G 02 *Circular Interpolation – CW*
- G 03 *Circular Interpolation – CCW*
- G 04 *Dwell*
- G 17 *Plane selection X-Y*
- G 18 *Plane selection X-Z*
- G 19 *Plane selection Y-Z*
- G 70 *Inch Programming*
- G 71 *Metric Programming*
- G 79 *Basic Mill Cycle*
- G 80 *Cancel Fixed Canned Cycles (G 81 – G 89)*

- G 81 *Drill Cycle*
- G 82 *Drill Cycle with Dwell*
- G 83 *Drill Cycle, Deep Hole*
- G 85 *Boring Cycle*
- G 86 *Boring Cycle, rapid return & stop at depth*
- G 89 *Boring Cycle with Dwell*
- G 90 *Absolute Dimensional Input*
- G 91 *Incremental Dimensional Input*
- G 92 *Pre-Load Register, set Start Reference Point*
- G 94 *Inches Per Minute Feed Rate*

La explicación de cada uno de los códigos mencionados anteriormente se encuentra en el apéndice de este texto.

3. Códigos M

Los códigos M son funciones misceláneas a veces referidas como funciones auxiliares. Es de la palabra miscelánea que se nombran estos códigos con la letra M. Estos constituyen por lo general comandos *On/ Off*. Los códigos M se colocan al inicio del bloque seguido después del número de los códigos G. Estos códigos tienen bastante relación entre una acción directa entre el programa CNC y la máquina.

Por ejemplo estos códigos pueden ser utilizados para encender o apagar la máquina, el programa o el motor de giro de cada máquina.

La acción o cambio de modo asociado con un código M es por lo general efectuado después de cualquier acción relacionada con otra información en el mismo bloque.

Los códigos M son:

M	00	Program Stop
M	02	End of Program
M	03	Start Spindle
M	05	Spindle Stop
M	06	Tool Change
M	47	Repeat Program, Return to Line 1
M	52	Tool Up to Tool Gage Height
M	53	Tool Down to Tool Depth
M	57	Set Tool Depth
M	58	Set Tool Gage Height
M	60	Input Wait (1)
M	61	Input Wait (2)
M	62	Input Wait (3)

- M 63 Input Wait (4)
- M 65 Output (1) On
- M 66 Output (1) Off
- M 70 Input Monitor (1)
- M 71 Input Monitor (2)
- M 72 Input Monitor (3)
- M 73 Input Monitor (4)
- M 76 Interrupt Service Routine Input (1)
- M 77 Interrupt Service Routine Input (2)
- M 78 Interrupt Service Routine Input (3)
- M 79 Interrupt Service Routine Input (4)
- M 80 Return from M 76 Interrupt
- M 81 Return from M 77 Interrupt
- M 82 Return from M 78 Interrupt
- M 83 Return from M 79 Interrupt
- M 87 Jump to Block #
- M 89 Return to Start Reference Position (Start Point)

M 90 Tool Feed Rate Change

La explicación de los códigos M se encuentra en el apéndice de este texto.

IV. Prácticas Básicas

En este capítulo se encontrarán prácticas básicas para iniciar la programación CNC. Se consideran trazos básicos a las líneas rectas entre dos puntos, líneas curvas y otra clase de trazos que tienen como base las rectas y curvas. Cualquier diseño que se quiera realizar está con base en estos dos tipos de trazos. La idea a la hora de realizar un dibujo es formarlo con base en pequeñas líneas y curvas que en conjunto formen el dibujo. Es por eso que se deben de practicar bastante los trazos básicos ya que son parte de todo diseño.

A. Fresadora

1. Práctica #1

TRAZOS RECTOS

Introducción

Esta práctica le enseñará cómo realizar trazos rectos. Este tipo de trazo son necesarios en cualquier tipo de diseño que se quiera realizar.

Para realizar líneas rectas se deben indicar los puntos de inicio y los puntos finales de cada trazo recto. Las coordenadas necesarias son solamente las X y Y, además se debe indicar la velocidad a la que se quiere que la pieza camine.

En la siguiente práctica se puede observar los trazos que se deben hacer para realizar un diseño que a simple vista se ve fácil pero con el cual debe tenerse mucho cuidado.

Objetivos

M 90 Tool Feed Rate Change

La explicación de los códigos M se encuentra en el apéndice de este texto.

- Introducir al alumno en la programación CNC
- Crear un diseño básico de líneas

Procedimiento

La pieza en que se va a trabajar en el laboratorio tiene dimensiones de 10cm x 10cm. Es por esto que todos los dibujos que se quieran realizar estarán restringidos a estas medidas. Para obtener trazos perfectos será necesario la utilización de una cuadrícula que se le pueda aplicar a cualquier diseño. Esta cuadrícula deberá ser distribuida cada 1 cm y señalada por los ejes correspondientes.

La cuadrícula a utilizar en los diseños siguientes es como lo indica la figura 10. Para realizar la programación se debe indicar la posición X y la Y de los puntos iniciales y finales de cada línea.

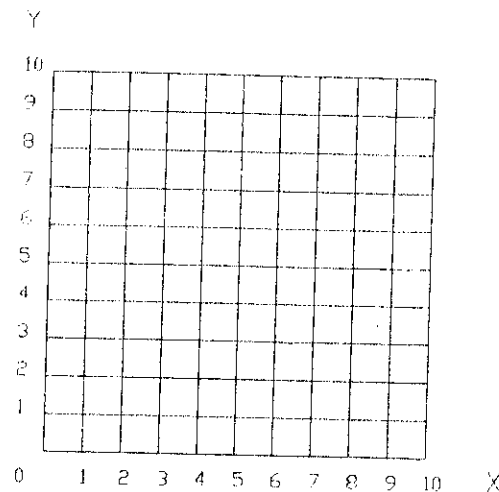


FIGURA 10

Para generar una línea del punto de origen al centro de la cuadrícula. El punto de inicio sería: $X=0$ y $Y=0$, y el final sería $X=5$ y $Y=5$. Para todos los trazos que se realicen en las

prácticas se utilizará el código G 90, el cual indica las coordenadas absolutas, y el G 71 que se refiere al sistema métrico para las medidas utilizadas. Queda a decisión del practicante utilizar otro método de medidas como son las medidas por incremento y las pulgadas. No es necesario obligatoriamente utilizar uno, la aplicación de estos códigos depende del diseño.

El programa que realiza este trazo es el siguiente:

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3	00		0.000	0.000						
4			5.000	5.000						
5		02								

TABLA I

Aquí se puede ver que no existe ningún corte, ya que la coordenada Z no varía de su posición de inicio, el cual es fuera de la pieza. Si se deseara que este movimiento realizará un corte en este trazo, se tendría que agregar una coordenada negativa en la coordenada siguiente.

El siguiente trazo que se realizará es: efectuar un corte con el trazo anterior pero en esta ocasión también se desplazará 3 centímetros sobre el eje X después de llegar al centro de la cuadrícula, luego regresará de nuevo al punto de partida al realizar el corte y de último se elevará el cortador para realizar la pieza. Este trazo es así.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		03								
4	01				-0.100					
5			0.000	0.000						
6			5.000	5.000						
7			8.000							
8			0.000	0.000						
9					0.500					
10		05								
11		02								

TABLA 2

Como se puede ver, se cambió el código G 00 por el código G 01, esto indica que como ahora la herramienta de corte, está efectuando un corte la velocidad de desplazamiento debe de ser menor. También se agregaron los códigos M 03, M 05 que encienden y apagan el motor de giro del cortador. Estos códigos se utilizarán en los siguientes programas, ya que son una parte fundamental de cualquier programa. No se mencionarán después, ya que se supone que el practicante ya tiene conocimiento de los códigos utilizados.

Si se deseara realizar un corte recto y luego desplazarse a otro lugar sin cortar y luego hacer otro corte, lo que se debe hacer es cambiar la coordenada Z varias veces, una vez que se ingrese en la pieza y otras para que se extraiga. En la programación siguiente se realizarán cortes cada centímetro de espacio, partiendo del centro hacia las orillas.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		03								
4	00		5.000	5.000						
5	01				-0.100					
6			6.000							

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
7					0.500					
8			7.000							
9					-0.100					
10			8.000							
11					0.500					
12	00		5.000	5.000						
13	01				-0.100					
14				6.000						
15					0.500					
16				7.000						
17					-0.100					
18				8.000						
19					0.500					
20	00		5.000	5.000						
21	01				-0.100					
22			4.000							
23					0.500					
24			3.000							
25					-0.100					
26			2.000							
27					0.500					
28		05								
29		02								

TABLA 3

El trazo que realiza este programa es una cruz con trazos espaciados

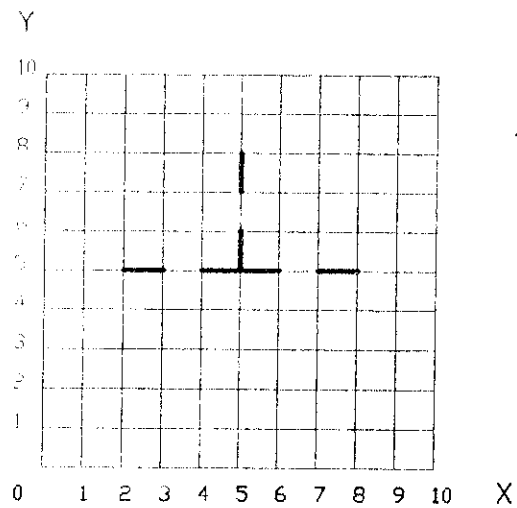


FIGURA II

Así, ya sea que se quieran hacer trazos rectos o inclinados, no hay diferencia en la forma de programar, lo único que cambia son los puntos que se indican como inicio y final.

2. Práctica #2

TRAZOS CURVOS

Introducción

En esta práctica se indicará la forma correcta para realizar curvas. Al igual que las líneas rectas, estos son trazos que se encuentran en cualquier diseño. La diferencia que existe al crear líneas rectas y curvas es que para crear estas últimas se utilizan otro tipo de coordenadas, además de las corrientes X y Y. Aquí es donde se utilizan las coordenadas I, J y K. Estas coordenadas representan los vectores que van desde el punto de inicio de la curva, hacia el centro en común del arco a dibujar. Cabe recordar que para efectuar arcos solamente se deben programar por cuadrantes, no es posible dibujar un círculo de un solo trazo. Para dibujar un círculo son necesarios cuatro pasos.

Los vectores I, J y K son medidas relativas al punto de inicio del trazo curvo, se tiene que poner atención a que no son coordenadas absolutas del punto de inicio de todo el diseño. Estos vectores I, J y K algunas veces son negativos.

Objetivos

- Que el estudiante comprenda los conceptos generales de diseño en CNC.
- Iniciar la programación de líneas curvas.
- Mezclar trazos rectos y curvos para crear diseños atractivos.

Procedimiento

Para lograr esta práctica se enseñarán técnicas para efectuar líneas curvas. Estas líneas curvas se realizarán de dos diferentes formas. Una de ellas es utilizando el código G 02, el cual efectúa curvas en sentido de las manecillas del reloj, el otro es con el código G 03, que hace curvas en contra del movimiento de las manecillas del reloj.

Estas líneas muestran la forma en que se debe utilizar el código G 03.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		03								
4	00		5.000	8.000						
5	01				-0.100					
6	03		2.000	5.000		0.000	-3.000			
7					0.500					
8		05								
9		02								

TABLA 4

Para realizar el mismo trazo solamente que utilizando el código G 03, se tendría que modificar el programa y escribirlo de la siguiente forma.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		03								
4	00		2.000	5.000						
5	01				-0.100					
6	02		5.000	8.000		3.000	0.000			
7					0.500					
8		05								
9		02								

TABLA 5

Nótese la diferencia en las coordenadas I y J, ya que cambian. Esto es debido a que el vector que indica el centro es diferente. El trazo es el siguiente:

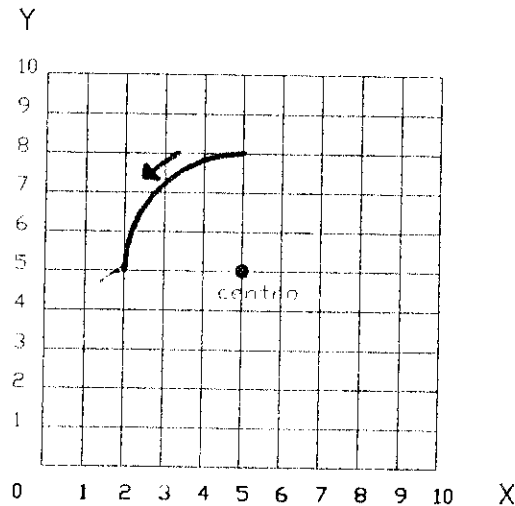


FIGURA 12

Como se puede observar, el trazo se realiza con un centro en común y también solamente por un cuadrante. Para completar el círculo se necesitan otros 3 trazos. Si se desearan hacer arcos que solamente abarquen una porción de todo el cuadrante se debe encontrar el centro aparente para dicho arco. Esto se hace por cálculo gráfico o a prueba y error.

Por ejemplo, dos puntos en común pueden tener diferentes centros, esto hará que el arco sea con más o con menos radio de giro o curvatura. Entonces se debe saber la curvatura de la línea que queremos dibujar.

Para hacer cortes mixtos lo que se tiene que hacer es tener mucho cuidado con los códigos que identifican a cada una de las líneas. Se debe saber cuándo utilizar la traslación rápida, la traslación moderada y la traslación lenta.

Las translaciones se pueden identificar así, según el corte que se quiera:

- Traslación rápida: Sirve para transportarse de un punto a otro cuando no se está efectuando ningún corte en la pieza.
- Traslación moderada: Es la que se utiliza cuando se están haciendo cortes longitudinales en la pieza.
- Traslación lenta: Se utiliza cuando se está introduciendo la herramienta de corte en la pieza en dirección perpendicularmente a la superficie de la misma.

En el siguiente programa se mezclarán todo tipo de códigos para que se observe la manera correcta de identificarlos y utilizarlos.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3	00		1.300	8.300						
4		03								
5	01				-0.100					
6				9.400						
7				8.300						
8			2.300							
9					0.500					
10	00		4.600	8.300						
11	01				-0.100					
12				9.400						
13				8.300						
14			5.500							
15			4.600							
16			5.500	9.400						
17					0.500					
18	00		7.300	8.300						
19	01				-0.100					
20				9.400						
21				8.300						
22			8.400							
23			7.300							
24			9.100	9.000						

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
25					0.500					
26	00		1.000	5.000						
27	01				-0.100					
28	03		2.000	4.000		1.000	0.000			
29			3.000	5.000		0.000	1.000			
30			2.000	6.000		-1.000	0.000			
31			1.000	5.000		0.000	-1.000			
32	00				0.500					
33			6.000	5.000						
34	01				-1.000					
35	02		8.000	7.000		3.000	-1.000			
36	00				0.500					
37			1.000	2.000						
38	01				-1.000					
39	02		2.000	3.000		1.000	0.000			
40	02		3.000	2.000		0.000	-1.000			
41	03		4.000	1.000		1.000	0.000			
42	03		5.000	2.000		0.000	1.000			
43	02		6.000	3.000		1.000	0.000			
44	02		7.000	2.000		0.000	-1.000			
45	00				0.500					
46			0.000	0.000						
47		05								
48		02								

TABLA 6

Y los trazos que este programa ejecuta son los siguientes:

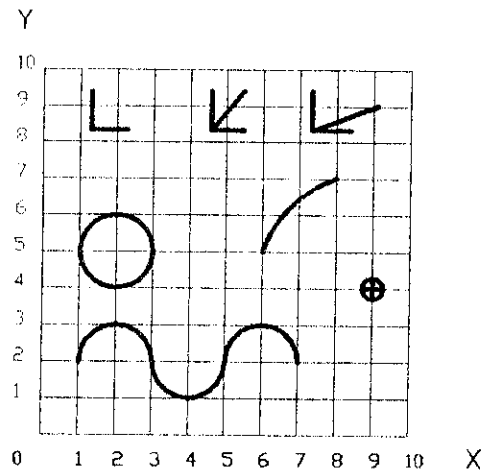


FIGURA 13

Como se puede observar, los programas se van complicando cada vez más, y también el tamaño del programa se va incrementando. Este programa ya contó con 48 líneas, existen programas hasta de 500 líneas. Esto se debe a que los dibujos son más exactos ya que se hacen gran cantidad de trazos pequeños para hacer lo que normalmente haría un trazo grande aunque no exacto. Lo que esta práctica trata de enseñar es cómo dibujar los trazos básicos. Ya el alumno decide con qué exactitud desea realizar su diseño y de qué forma. Es por eso que la destreza del diseñador es la parte más importante en el momento de programar en CNC. El programa da las herramientas; el resto, el alumno.

B. Torno

La programación en el torno es similar a la programación en fresadora. La diferencia aquí es que sólo se manejan dos dimensiones, la X (profundidad) y la Z (longitud). Hay que tener en cuenta que lo que se va a diseñar es solamente una parte de la pieza, o mejor dicho una mitad, ya que al estar girando la pieza, la forma final estará hecha en base a su sección diseñada.

Aquí ya no se utiliza un *grid* (rejilla), aunque si es necesario tener las coordenadas exactas de los puntos que se van a tomar de referencia para realizar los trazos. Como se podrá ver en la siguiente figura, el trazo grueso es el que el torno realizará, solamente con coordenadas positivas en el eje X. El trazo grueso es solamente la mitad de la pieza pero al girarla 360 grados ya se forma la pieza que queremos fabricar. Aquí el trazo delgado representa la otra mitad de la pieza para tener la idea de la pieza en su totalidad, es por eso que no se indican las coordenadas del otro lado.

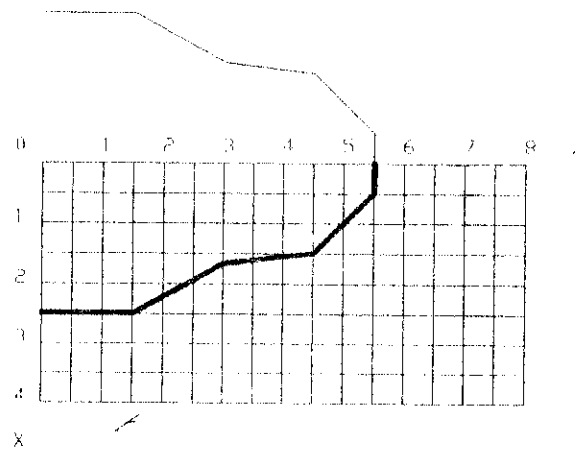


FIGURA 14

1. Práctica #3

TRAZOS RECTOS EN TORNO

Introducción

En esta práctica se enseñará cómo hacer cortes rectos e inclinados en una pieza puesta en el torno. Para esto se tendrá que observar las clases de buriles que existen y las aplicaciones de cada uno de ellos.

Objetivos

- Que el alumno se familiarice con el manejo del torno y sus herramientas.
- Conocer los cortes básicos que son posibles de efectuar en un torno.

Procedimiento

Primero hay que tener conocimiento de las herramientas antes de utilizarlas, ya que el buen manejo de una máquina es producto de una buena información. El torno utiliza las

herramientas de corte llamadas buriles. Existen buriles para cortes de izquierda, cortes de derecha, cortes de 60 grados, de refrentado, para cortes internos y cortes frontales. Cada una de estas piezas son diferentes por lo que tienen diferentes usos y aplicaciones.

La manera correcta de colocar un buril en el torno es colocando la punta de corte del buril al centro de giro del mandril. Si se coloca arriba de este punto o abajo, se está forzando a la pieza a cortar de una manera errónea llegándose a quebrar la pieza como resultado.

Tampoco se debe colocar el buril muy salido de su base, ya que ocasionaría vibraciones a la hora de cortar. Se debe procurar que no sea mucho lo que salga el buril, ya que esta salida del buril actúa como un brazo que genera un torque repetitivo ante la presencia del material que está cortando.

Forma correcta de colocar el buril:

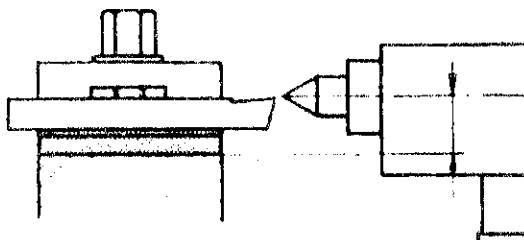


FIGURA 15

Forma incorrecta de colocar el buril:

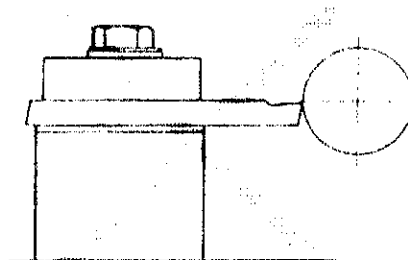


FIGURA 16

La colocación del buril es muy importante, ya que el filo del buril debe colocarse en la posición exacta de corte. Un buen ajuste dará como resultado un buen producto. Los buriles que se usan con más frecuencia son:

a) Buriles de corte derecho e izquierdo

Estos se utilizan para cortes longitudinales y transversales. Al corte transversal se le llama refrentado. La figura 17 indica la posición correcta de colocar el buril con la pieza.

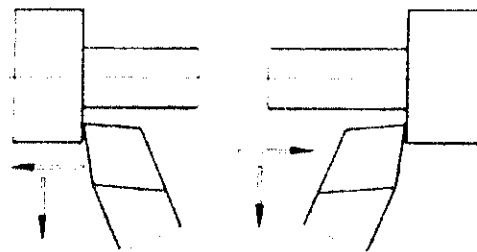


FIGURA 17

b) Buriles de rebanado

Este buril se utiliza cuando hay que hacer un corte profundo sin hacer el corte final. Generalmente se utiliza solamente para desbastar la pieza y no demorar mucho al realizar cortes pequeños.

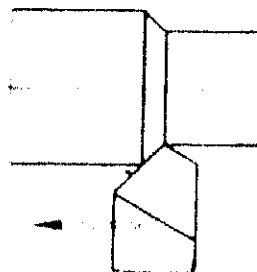


FIGURA 18

c) Buril de corte transversal

Este buril se utiliza para separar la pieza final de la materia prima que se utilizó para realizar el diseño. Solamente se utiliza para movimiento transversal.

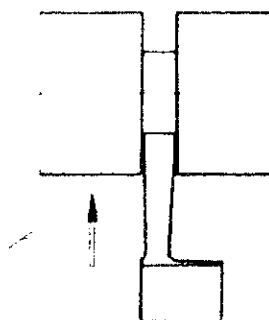


FIGURA 19

d) Buril de corte fino

Este se utiliza para darle el acabado a la pieza. Este buril tiene la punta redondeada para efectuar una superficie plana y lisa. El corte no debe ser muy grande ya que solamente se desea dar el acabado.

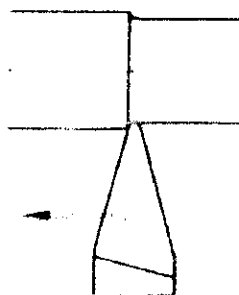


FIGURA 20

Ahora que ya sabemos colocar bien los buriles, efectuaremos la programación necesaria para realizar el corte que se ilustra en la figura 14. Para esto utilizaremos el buril de corte de derecha a izquierda. Colocándolo como lo indica la figura 17.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		02								
4	00		2.500		0.000					
5					6.000					
6	01		2.300							
7					1.870					
8	00				6.000					
9	01		2.100							
10					2.230					
11	00				6.000					
12	01		1.900							
13					2.600					
14	00				6.000					
15	01		1.700							
16					2.960					
17	00				6.000					
18	01		1.500							
19					4.500					
20	00				6.000					
21	01		1.300							
22					4.750					
23	00				6.000					
24	01		1.100							
25					4.910					
26	00				6.000					
27	01		0.900							
28					5.110					
29	00				6.000					
30	01		0.700							
31					5.320					
32	00				6.000					
33	01		0.500							
34					5.520					
35	00				6.000					
36	01		0.300							
37					5.520					
38	00				6.000					
39	01		0.100							
40					5.520					
41	00				6.000					

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
42	01		0.000							
43					5.520					
44	00				6.000					
45			2.700							
46					0.000					
47	01		2.500							
48					1.500					
49			1.670		3.000					
50			1.500		4.500					
51			0.500		5.500					
52			0.000							
53	00		2.500		6.000					
54		05								
55		02								

TABLA 7

Aquí están todos los códigos que hacen el diseño de la pieza en la figura. La técnica es rebajar material sin realizar el trazo final, hay que dejar un margen de material para realizar el corte de contorno para dejar la pieza terminada y fina.

2. Práctica #4

TRAZOS CURVOS EN TORNO

Introducción

Para efectuar trazos redondos se procede de la misma manera como si fuera una superficie plana. Lo único que hay que tener en cuenta es que se efectúa solamente la mitad del trazo y simétricamente igual al otro lado de la pieza. Para este tipo de corte también se debe retirar la mayor cantidad de material posible antes de hacer el corte de contorno, para facilitar a la herramienta de corte su movimiento suave.

Objetivos

- Que el alumno utilice las diferentes técnicas para efectuar cortes rectos y curvos a la vez.
- Agilizar la creatividad de cada alumno para crear diseños más complejos.
- Concluir con las técnicas de dibujo en el programa CNC.

Procedimiento

Para esta práctica será necesario utilizar dos clases diferentes de buriles y al mismo tiempo practicar cómo quitar y poner las herramientas de corte sin perder la posición original del buril.

Como la figura que se va a realizar es un poco compleja, se debe apoyar con un programa para dibujos en computadora como AutoCad. Esto ayudará a encontrar las coordenadas en cada punto. En realidad cada diseño que se quiere hacer en el torno se debe diseñar primero en un programa de dibujo, ya que se obtienen medidas más exactas y una visión más real de la pieza ya terminada.

La pieza original que se utilizará será una barra de 40mm de diámetro y 50mm de longitud. Se procederá a realizar dos cortes diferentes uno de izquierda a derecha y el otro de derecha a izquierda, para luego efectuar el corte de contorno final para darle el acabado y la forma.

La pieza que se fabricará es la mostrada a continuación. Aquí se observan los trazos rectos y curvos que van consecutivamente fabricados.

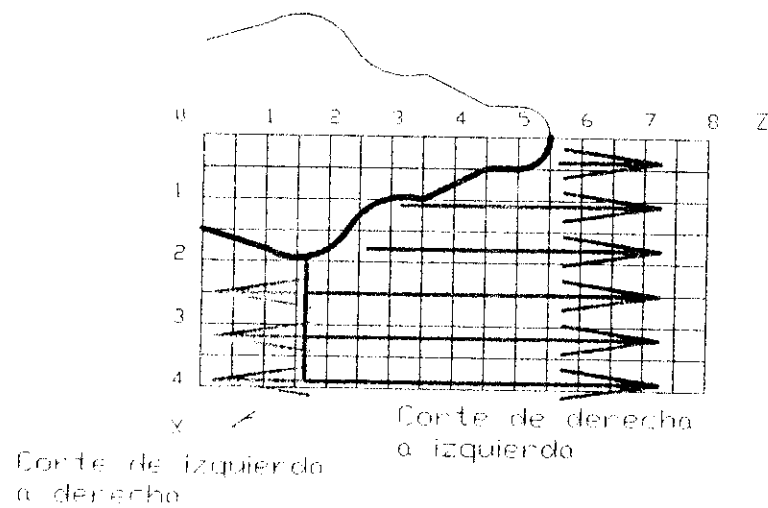


FIGURA 21

El primer corte que se va a hacer es el que está indicado que se efectúa de izquierda a derecha. Para este corte se utiliza el buril de corte a 60 grados, este buril puede utilizarse para cortes derechos e izquierdos. No se utiliza el buril específico para cortes derechos porque en este caso se tiene que hacer un corte transversal en el inicio de la pieza y ese buril no se usa para eso.

La configuración para esta pieza en el programa es la siguiente:

Plan Job

- Ingresar la configuración para el torno indicada anteriormente.
- Posición inicial: X: 2.5, Z: 0
- Tamaño de la pieza: X: 2, Z: 5.5

La programación que se debe ingresar es la siguiente:

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	90									
2	71									
3		03								
4	01				-0.500					
5			2.000							
6					1.500					
7					-0.500					
8			1.800							
9					0.880					
10					-0.400					
11			1.600							
12					0.260					
13					-0.300					
14			1.500							
15					0.000					

TABLA 8

Aquí lo que se hizo fue desbastar un poco de material del lado interno. Ahora se continuará a desbastar material del lado derecho. Para esto hay que tener cuidado de colocar el buril en la misma posición cuando se hace el cambio para no perder las coordenadas del programa. La forma como se hace es llevando la punta del buril a un lugar conocido, se extrae el buril y se coloca el nuevo en la misma posición conocida anteriormente.

Para desbastar el lado derecho se utiliza el buril de desbaste de corte izquierdo para remover material más rápido. Y las coordenadas son las que están a continuación de la línea 15.

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
16		06	2.500		-0.500					
17	00				5.700					
18	01		2.000							
19					1.700					
20	00				5.700					
21	01		1.800							

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
22					2.130					
23	00				5.700					
24	01		1.600							
25					2.300					
26	00				5.700					
27	01		1.400							
28					2.430					
29	00				5.700					
30	01		1.200							
31					2.680					
32	00				5.700					
33	01		1.000							
34					3.670					
35	00				5.700					
36	01		0.800							
37					4.100					
38	00				5.700					
39	01		0.600							
40					4.460					
41	00				5.700					
42	01		0.400							
43					5.400					
44	00				5.700					
45	01		0.200							
46					5.530					
47	00				5.700					
48	01		0.000							
49					5.500					
50	00				5.700					

TABLA 9

Ya en este punto el material fue removido y está listo solamente para hacer el corte final o de contorno para hacerle la forma a la pieza. Para esto se tiene que cambiar de nuevo el buril y utilizar el buril para corte derecho o izquierdo. Se ingresan las coordenadas que directamente realizan el contorno y ya está fabricada la pieza. Las coordenadas para el contorno están después de la coordenada 50 y son las siguientes:

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
51			2.500							
52		06								
53	01		1.500		0.000					
54			1.800		1.000					
55	03		1.947		1.505	-0.792		0.505		
56	03		1.513		2.298	-0.940		0.000		
57	01		2.021		2.167					
58	02		0.963		3.225	0.000		1.057		
59	02		1.000		3.500	1.057		0.000		
60	01		0.500		4.500					
61					5.000					
62	03		0.000		5.500	-0.500		0.000		
63	01				6.000					
64			2.500							
65		05								
66		02								

TABLA 10

Así es como queda terminada la pieza. Para realizar estos cortes curvos se tiene que tener la ayuda de un programa de dibujo como se dijo anteriormente, ya que las coordenadas de los centros respectivos es muy difícil encontrarla con técnicas de dibujo básico.

V. Prácticas Avanzadas

En esta sección se plantearán prácticas de nivel avanzado que pondrán a prueba la creatividad y destreza de los alumnos. En el capítulo anterior se indicaron todos los pasos necesarios para realizar un diseño en cualquiera de estas máquinas. Ahora solamente se plantearán los problemas para que se realice el diseño por parte del practicante. Como cada diseño no es único, pueden existir variantes entre un diseño y otro.

A. Fresadora

1. Práctica #5

LOGO PERSONAL

Introducción

Esta es la primera práctica donde no se indicará cuál es el procedimiento a seguir, ya que se deja al alumno para que la diseñe. La idea de esta práctica es transportar un diseño real que está en papel para que lo fabrique la fresadora. Algo tan simple como un logo puede llegar a tener sus complicaciones pero es una práctica muy completa en donde se tiene que poner toda la creatividad para realizar cortes no comunes. El diseño que se realizará es el logo de la Universidad del Valle. Este logo consta de un marco y las letras UVG que van entrelazadas. Se dejará por aparte las frases que están inscritas alrededor del marco porque son muy pequeñas como para que la fresa las pueda realizar. Esto no quiere decir que no se pueda hacer. Lo único que hay que hacer es obtener una fresa de diámetro mas pequeño.

Objetivos

- Que el alumno se especialice en diseño CNC.
- Que sea capaz de realizar un conjunto de cortes para obtener la forma deseada.

Procedimiento

Para realizar esta práctica se tendrá que conseguir el logotipo de la universidad, hacer una copia y cuadrificarla para saber con exactitud las coordenadas.

B. Torno

1. Práctica #6

ELABORACIÓN DE UN PEÓN

Introducción

Esta práctica trata sobre la elaboración de un peón de ajedrez. Esta pieza posee partes rectas y curvas para que se practique con mayor dificultad. Así como se realiza un peón, también se puede hacer un alfil, la diferencia serán los cortes.

Objetivos

- Poner en práctica todas las técnicas aprendidas para efectuar el trabajo propuesto.
- Ser capaz de realizar cambios de buriles sin perder la posición de origen.

Procedimiento

Para esta práctica también se necesita un diseño para efectuar la pieza. Este diseño dependerá mucho de la persona que lo realice ya que es el peón de cada uno. Aquí se muestra un diseño que talvez les interese. Como se puede observar, la parte que se programa es solamente la que está contenida dentro de la cuadrícula, la otra mitad sólo muestra la pieza completa.

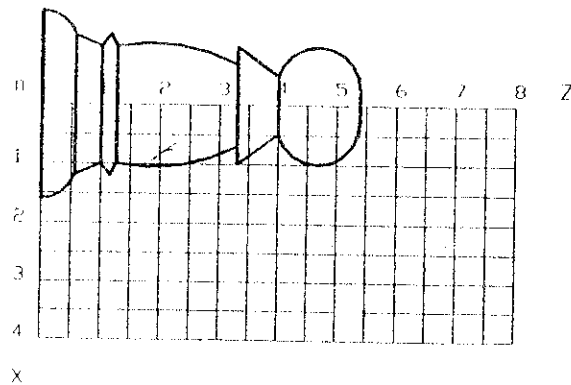


FIGURA 22

Como una ayuda para realizar estos trazos, en la siguiente figura se observan los círculos bases que se utilizaron para efectuar los arcos que están en el diseño. Con estos círculos se podrá obtener los centros para señalar los vectores de estos para indicarlos en la programación.

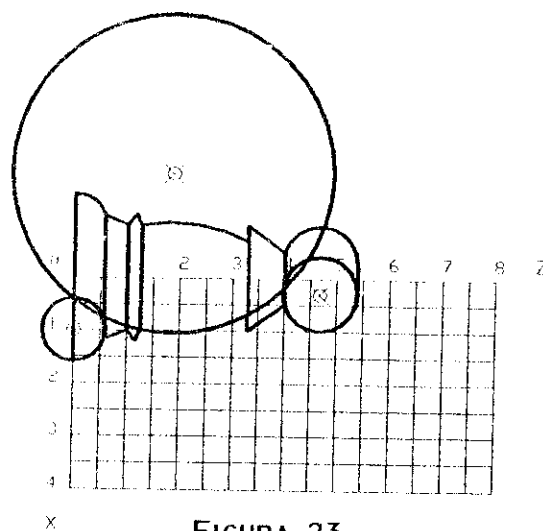


FIGURA 23

Con los centros bien definidos y las curvas a realizar solamente hay que ingresar los códigos respectivos para que la pieza sea fabricada. Hay que tener mucha precaución a la hora de re-hacer los cortes para observar donde hay que cambiar de posición el buril debido a los ángulos interiores. La pieza ya terminada se verá como se muestra a continuación.

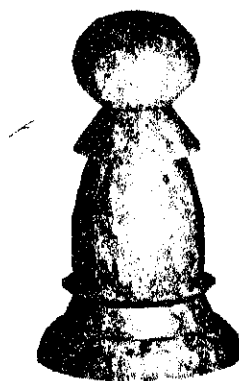


FIGURA 24

VI. Detectores

La unidad de detectores con que cuenta el laboratorio de mecánica está designado como el MB600. Este componente muestra las aplicaciones que los detectores tienen dentro de un proceso de manufactura automatizado. Los detectores sirven como control de acciones dentro del mismo proceso, para así ser evaluadas las condiciones y realizar una acción como resultado de ésta.

En el laboratorio se encuentran distintas clases de detectores, los cuales son los más básicos pero a la vez los más utilizados en la industria. En la mesa de manufactura del laboratorio el componente de detectores se encuentra asociado con la unidad que suministra las piezas que van a ser maquinadas. El detector indica cuándo hay o no una pieza disponible, y por medio de su unidad de control pueden mandar señales de salida con un intervalo de tiempo o de otros modos diferentes.

El MB600 consiste en la unidad base, la unidad de control, y la unidad de fibra óptica.

A. Función

La fibra óptica difusa-reflexiva detecta cuándo una pieza está presente o no en el dispensador de piezas. Esta fibra óptica detecta un objeto usando un haz de luz que se refleja en el objeto, este haz es transmitido por medio del cable de fibra para alcanzar lugares donde la unidad completa no se puede instalar. Cuando un objeto refleja la luz dentro de un intervalo de proximidad, el haz de luz regresa por otro cable de fibra óptica a la unidad de control y la convierte en señal eléctrica para indicar que algo se está interponiendo frente al detector óptico. La cantidad de luz reflejada depende de las características del objeto. Esta

clase de detectores difuso-reflectivos pueden detectar mejor los objetos brillantes y de colores claros que los objetos oscuros y opacos.

B. Objetivos de los detectores

La idea de utilizar detectores en procesos industriales es la de informar a las máquinas cuándo pueden o no realizar una acción. Es como si una persona estuviera presente en el proceso e indicara a otra persona cuándo puede empezar a maquinar una pieza o cuándo no puede dependiendo de si existe una pieza lista o no. Es así como en el laboratorio se utiliza este tipo de detector. Aquí el detector manda una señal eléctrica indicando que una pieza está presente en el dispensador de piezas, esta señal es mandada al PLC, el cual indica o manda al brazo neumático a tomar la pieza y llevarla a la fresadora para que sea maquinada. Si ninguna pieza está presente en el dispensador el proceso no se lleva a cabo. Después que está terminada la pieza, el PLC controla que otra pieza lista a ser elaborada ya esté en el dispensador para que el brazo neumático pueda retirar la pieza de la fresadora y llevarla a la caja donde se colocan las piezas terminadas, para después comenzar de nuevo el ciclo. Así que si la unidad que distribuye las piezas no realiza su función de alistar piezas, el proceso no funciona. Todo esto es parte de la seguridad necesaria para realizar un proceso.

C. Cuidado de las fibras ópticas

Para el uso de las fibras ópticas se deben de tomar las siguientes precauciones ya que son muy delicadas y fáciles de deteriorarse si no se manejan con cuidado.

- Nunca doblar el cable en una curva menor de 60mm de diámetro.
- Nunca doblar el cable antes de 20mm de sus finales.

- Evitar el contacto con ambientes contaminados.
- Guardar la fibra óptica en un lugar seco, limpio y protegido.
- No limpiar el área de los lentes con ningún tipo de químico o solvente limpiador.

D. Tipos de detectores

Entre los tipos de detectores más comunes en el mercado están los que se mencionan a continuación. En el laboratorio existen estos con excepción del capacitivo. Estos sirven como apoyo al proceso automatizado del módulo CIM.

1. Ópticos

Los detectores ópticos son aquellos que utilizan una fuente luminosa para detectar objetos. Mediante la obstrucción o el reflejo del haz de luz el objeto es detectado.

Este tipo de detectores tienen la inconveniencia que solamente se pueden utilizar en medios limpios o en donde no exista exceso de suciedad. Los hay de barrera reflex que utilizan una barrera que refleja el haz luminoso, al ser obstruido este haz por medio de un objeto el objeto es detectado; también existen los que tienen un transmisor y un receptor en donde se aplica el mismo principio.

2. Inductivos

Este tipo de detectores son los que se utilizan para detectar objetos que tienen la características de ser detectados por un campo magnético. Objetos como aluminio y otras aleaciones no son capaces de ser detectados ya que no tienen esta característica.

Existen diferentes tamaños para estos detectores, mientras más grande es su cara sensitiva, más grande es el intervalo que puede alcanzar a detectar.

3. Capacitivos

Estos detectores son capaces de identificar cualquier tipo de objeto, ya sea metálico o no. Funcionan creando un campo eléctrico el cual se cierra al encontrar un objeto y entonces este es detectado.

4. Micro interruptores

Los micros son elementos mecánicos que detectan un objeto cuando hay un contacto físico entre ellos. Para ser detectado tiene que ser presionado un interruptor para que cierre un contacto eléctrico y así mandar la señal. Estos son la forma más común de los detectores.

E. Aplicaciones en el laboratorio

En el laboratorio se utilizan los detectores para indicar cuándo hay disponible una pieza en el dispensador para ser trabajada. La salida de la unidad de control del detector se utiliza como indicador de arranque en el programa del PLC que controla todo el proceso.

La siguiente figura muestra los componentes de una unidad de detección óptica. También se muestra en detalle cada uno de sus componentes que indican sus partes.

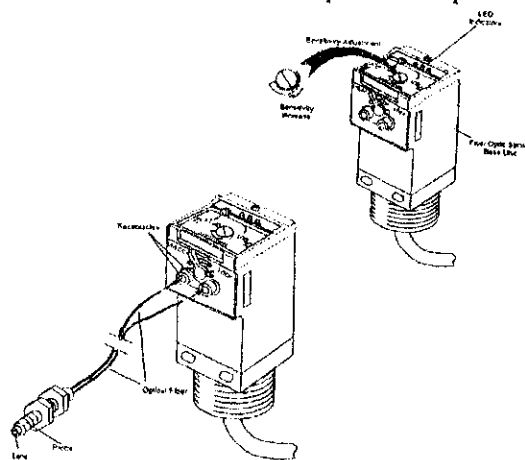


FIGURA 25

También se puede utilizar para efectuar prácticas sencillas de detección de objetos de diferentes colores, texturas o distancias.

Y la unidad base donde se controla el funcionamiento y el modo de detección.

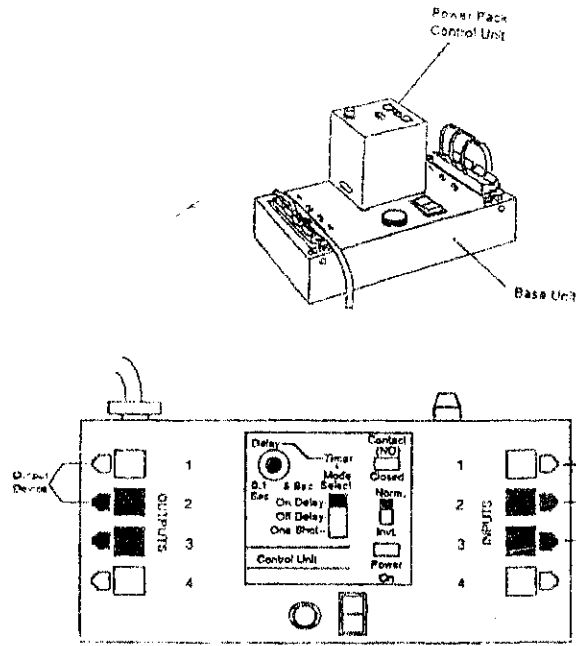


FIGURA 26

Las conexiones del detector a la base se deben efectuar por medio de los números en los cables y en la base.

VII. Controladores Lógicos Programables (PLC)

A. Definición

Los controladores lógicos programables, llamados PLC (por sus siglas en inglés), son dispositivos que tienen la capacidad de controlar una o varias acciones a la vez para efectuar un proceso. Esto se lleva a cabo por medio de señales de entrada de diferentes estados del proceso, estas señales son evaluadas y comparadas con parámetros ya dispuestos por un programa y luego se ejecutan señales de salida que controlan el proceso.

Los PLC son la base fundamental para sistemas automatizados ya que con ellos se elimina la instalación de componentes electrónicos que solamente ocupan espacio y hacen más difícil su instalación y control. Los circuitos eléctricos físicamente alambrados son muy difíciles de diseñar y en algunas oportunidades muy costosos de fabricar. Si alguna vez necesitan ser modificados o reemplazados, tienen que ser desmontados y vueltos otra vez a instalar. Estos cambios son costosos y difíciles de efectuar. Con el PLC no existen relevadores mecánicos, ni temporizadores o contadores. Todas estas funciones están incluidas dentro del procesador del PLC.

Los PLC son sistemas de operación digital que proveen señales eléctricas discretas desde un dispositivo de entrada llamado *input*. Estas puede ser señales provenientes de interruptores o detectores, hacia un dispositivo de salida llamado *output*, que pueden ser motores, luces, alarmas y relevadores. Una señal discreta se entiende en este contexto como una señal eléctrica que solamente puede ser una de dos condiciones, ya sea conectado o desconectado.

1. Secciones de un PLC

Un PLC típico está compuesto por tres secciones, el módulo de entrada, el módulo de salida y el controlador o procesador.

a) Módulo de entrada

El módulo de entrada posee varias conexiones eléctricas que están conectadas a los dispositivos de entrada. Cuando la electricidad es suministrada a la conexión, el módulo de entrada dice a la computadora que ésta conexión ha sido activada. Más de una conexión puede ser activada a la vez.

b) Módulo de salida

El módulo de salida contiene interruptores miniatura que, basados en el programa, es la computadora la que indica cuándo cerrarlos o abrirlos.

c) Controlador o procesador

El controlador es parte del PLC que contiene la computadora y determina cuándo una señal de salida será activada en base a las señales de entrada. Las decisiones de la computadora están programadas por el operador o programador del PLC.

La característica de los PLC es que estas tres secciones están contenidas en una sola unidad. Y regularmente no ocupan mucho espacio.

B. Componentes

El PLC que posee el laboratorio está instalado en un tablero de control de aprendizaje, estas conexiones hacen más fácil su entendimiento, operación y funcionamiento. Las partes del que está compuesto un PLC son las siguientes numeradas y mostradas en la figura:

1. *Terminales de entrada*
2. *Terminales de salida DC*
3. *Agujero para montaje*
4. *LED's de entradas*
5. *LED's que indican la condición del PLC*
6. *Canal RS-232 para comunicaciones, ya sea con una computadora o con un control de mano.*
7. *LED's de salida*
8. *Línea de suministro de energía*
9. *Tierra*
10. *Terminales de salida*

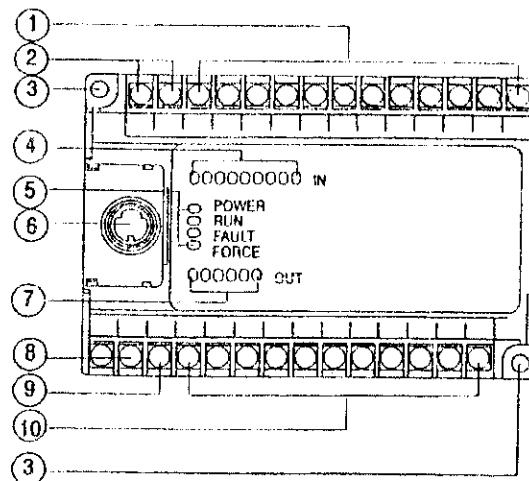


FIGURA 27

El tablero de control que se utiliza en el laboratorio para el aprendizaje básico de las funciones del PLC se muestra a continuación. Allí se puede observar cómo es que están distribuidas de una manera más fácil que realizando las conexiones físicas de los detectores y otros dispositivos de salida y entrada.

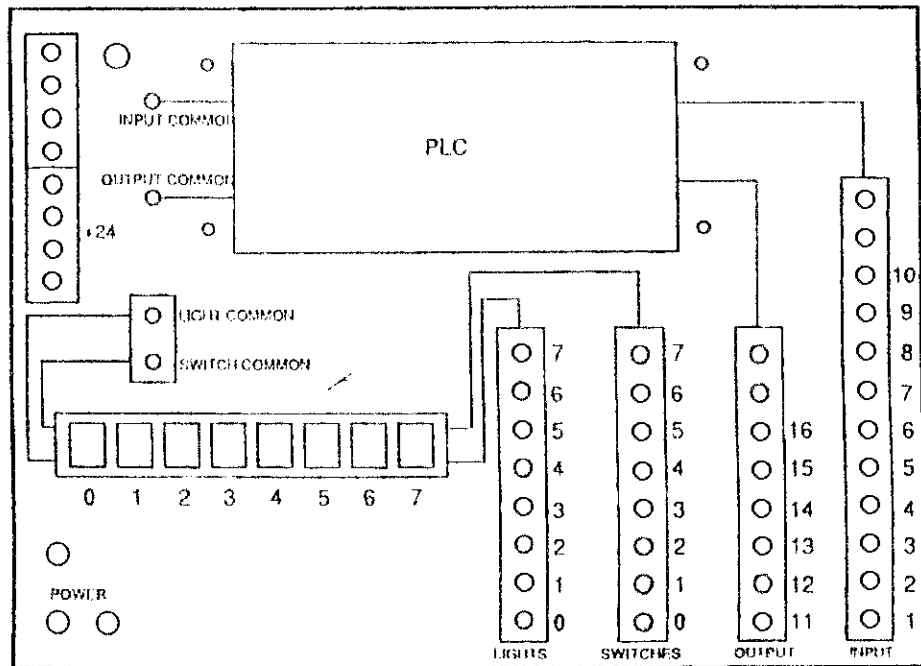


FIGURA 28

Con este panel se puede hacer uso de los interruptores y luces piloto que pueden ser incluidas en el programa como indicadores de salidas. Esta es la ventaja de esta unidad, ya que permite que el estudiante obtenga el concepto del manejo de los PLC fácilmente.

La manera como se realizan las conexiones en el panel de control es muy fácil y sencilla. Lo que se hace es enlazar corrientes positivas o negativas a las entradas generales marcadas como "input common" o "output common", los colores de los anillos indicarán la conexión que se debe hacer. NOTA: nunca se deben conectar directamente una terminal roja con una negra, esto producirá un corto circuito y dañará el PLC. En el anexo se podrá encontrar el diagrama de las conexiones físicas para el panel de control.

C. Software a utilizar

Para poder utilizar el PLC Allen-Bradley que se encuentra en el laboratorio son necesarios dos programas de software. Uno de ellos realiza la conexión entre la computadora y el PLC, y el otro programa directamente el PLC. Estos programas están ubicados en la barra de inicio dentro de los programas. Los nombres de estos programas son: *RSLinx* y *RSLogix500*.

Cada programa es independiente del otro, pero para realizar la conexión directa con el PLC se tienen que trabajar los dos al mismo tiempo. A continuación se describe cada uno de ellos.

1. RSLinx

Este programa sirve de interfase entre el PLC y la computadora. Con el se efectúa la conexión física entre estos dos dispositivos antes mencionados. Cuando se inicia el programa se podrán observar los componentes activos que están conectados a la máquina, en este caso solamente se observará un ícono con forma de PLC. Este es el que corresponde al *MicroLogix 1000*.

Para que este ícono aparezca hay que asegurarse que el cable para conexión en serie esta conectado al puerto de conexión en serie de la computadora así como también al PLC. Si en algún momento no se cumple con lo anterior o simplemente está apagado el PLC aparecerá una "X" de color rojo sobre el ícono del PLC en la pantalla. Esto indica que no existe comunicación entre la computadora y el PLC.

Para que esto no suceda hay que estar seguro que todas las conexiones estén correctamente colocadas y los componentes encendidos, así desaparecerá la "X" roja.

En la ventana principal se pueden observar unos íconos en la parte superior izquierda, estos se utilizan para obtener los datos de transmisión de datos. Estas ventanas se utilizan para observar si está funcionando normalmente el PLC o si tiene algún daño. Al no observar ningún movimiento de cifras entre *bits* enviados y recibidos, es señal que existe algún problema.

Si no existiera problema en este caso y el icono del PLC está limpio y claro es señal de un buen funcionamiento. No se necesita ningún cambio o ajuste de la configuración, el programa está listo para transmitir y recibir datos. Esta transmisión se controla por medio del programa *RSLogix500*. Por lo tanto, no hay que tocar nada en absoluto de este programa.

2. RSLogix500

Aquí es donde se efectuarán los programas propiamente dichos. La manera de ejecutar este programa es por medio de la barra de inicio "*Start*" y en programas se encuentra el directorio llamado "*Rockwell Software*" aquí es donde se encuentra el *RSLogix500* y el *RSLinx*.

Para crear un nuevo programa se debe escoger la opción "*File - New*" del menú de opciones o simplemente hacer *click* en el icono correspondiente a esta opción. Luego se pide que se seleccione el tipo de procesador que se desea trabajar. Para manejar el PLC del laboratorio se escoge la opción que diga *MicroLogix 1000*, existen otras dos clases para escoger con el mismo nombre de *MicroLogix 1000*, se escoge el que tiene el nombre más simple.

Ya seleccionado el procesador se hace *click* en aceptar y entonces aparecerán las pantallas en donde ya se pueden realizar los programas con los comandos específicos. En el

lado izquierdo se observa la distribución general de un programa, mientras que en el lado derecho se realiza la programación propiamente dicha.

D. Interruptores

1. Interruptores de entrada

Los interruptores son los que controlan las instrucciones de entradas en las diferentes líneas dentro de un programa. Estos interruptores pueden provenir de cualquier tipo de instrucción, ya sea una entrada real o simplemente una salida falsa que acciona una entrada para otra instrucción a realizar. Pueden ser interruptores que son controlados por un temporizador o un contador.

Por ejemplo si el interruptor de entrada I:0/0 acciona una salida en falso B:0/0, esta salida en falso se puede utilizar en otra instrucción como un interruptor de entrada. La diferencia la hará el símbolo que se utilice y la posición dentro de la línea del programa.

Generalmente para interruptores de entrada se utiliza el siguiente símbolo, —|— y con una línea atravesada. Para los interruptores de salida se utiliza este símbolo con algunas variantes —()— .

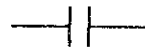
La posición, el tipo de instrucción y las combinaciones que se hacen con estos símbolos, es lo que constituye el programa en sí y lo que controlará cualquier proceso a automatizar.

a) Interruptores normalmente abiertos (NO)

Este tipo de interruptor se utiliza en las instrucciones de entradas. Se caracteriza porque al estar en su posición normal no activa ningún dispositivo, por eso se llama abierto ya que la

corriente no fluye a través de él. Para activarlo hay que accionarlo y de esta manera de cierra el circuito.

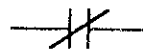
El símbolo que representa este tipo de interruptor es:



b) Interruptores normalmente cerrados (NC)

Estos interruptores actúan de manera contraria al anterior. Aquí el estado natural del interruptor es cerrando el circuito a accionando una salida. Al energizarlo el interruptor se abre y entonces interrumpe el flujo de energía en el circuito. Generalmente se usan para bloquear instrucciones o como paros de emergencia. Cuando se accionan se obstruye y cancela todo el programa. Esto depende de la posición en donde se coloque dentro del programa. Puede bloquear una parte o el todo.

El símbolo que representa este interruptor es:



La línea atravesada indica que está cerrado el circuito y al accionarlo se abrirá.

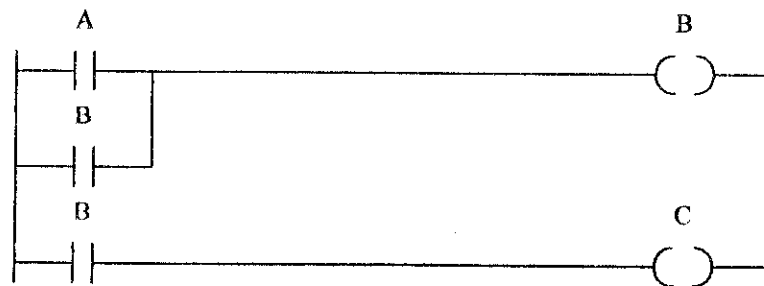
2. Interruptores de salida

Los interruptores de salida son los que van a controlar el proceso a automatizar. También controlan sub-acciones dentro del mismo programa. Estas son las llamadas salidas falsas. Como controles de salidas pueden ser: salidas físicas o reales, salidas falsas, temporizadores, contadores, dispositivos de restitución, operaciones lógicas, operaciones de subrutinas, etc. La mayoría son funciones que se utilizan dentro del programa con el fin de

obtener un control más preciso y exacto. Dependiendo de las necesidades o complejidad del programa, se utilizarán uno o algunos de los comandos antes mencionados.

a) Salida real

Las salidas reales son las que se conectarán a actuadores que controlarán alguna variable del proceso. Al estar energizada manda señal de salida; cuando ya no se energiza, la señal desaparece. El inconveniente con este tipo de salida es que se debe tener presente una señal de entrada para que sea energizada la salida. Si se suprime la entrada, la salida también lo será. Una forma de retener la salida es formando un circuito de auto-retención de señal que se compone por medio de una salida en falso, y esta misma salida funciona como entrada de su misma señal. El diagrama muestra el caso.



b) Salida con retención (*Latch*)

Este tipo de salida no necesita un circuito de auto retención ya que posee la característica que se retiene por sí mismo. No hay necesidad de permanecer con la señal de entrada energizada para obtener la salida todo el tiempo que se desee. Para quitarle la energía se utiliza otra instrucción diferente.

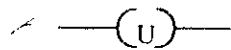
El símbolo de esta instrucción es:



c) Salida para quitar la retención (*Unlatch*)

Para quitar la energía a la salida con retención se utiliza esta instrucción. Se puede utilizar en cualquier parte del programa, ya que no es necesario que estén juntas los dos tipos de instrucciones. Lo que sí debe permanecer constante es la dirección a la que se está energizando o des-energizando.

La instrucción es la siguiente:



d) Otras salidas

Como salidas también se pueden utilizar temporizadores y contadores. Estos se utilizan cuando se desea un retardo en una acción o simplemente que cuando se cumpla un número exacto de actos se energice la salida.

El temporizador actúa de manera que después de transcurrido un tiempo definido por el programador se dé una señal que activa un dispositivo.

El contador funciona de manera que se define una cantidad a la cual se deba accionar la señal de salida.

Tanto para un temporizador o un contador existen comandos que restablecen los valores que posean estos contadores. Al restablecer los valores, lo que se hace es iniciar de nuevo como se hizo la primera vez.

E. Programación Escalera

1. Conceptos generales

La programación escalera está basada en órdenes lógicas de entradas y salidas, que son ejecutadas simultáneamente en forma de circuitos eléctricos. La conexión se realiza entre un lado energizado positivamente y el otro lado representa la parte negativa de la conexión. Las instrucciones son colocadas en medio de estos dos polos de manera que al ser activados actúen como un interruptor que enciende una lámpara. En este caso el circuito se cierra y la luz brilla. La programación escalera tiene la misma idea de cerrar circuitos; cuando éstos lo hacen las órdenes se ejecutan y se crean señales de salida que controlan un proceso.

Una manera sencilla de ilustrar esta programación es por medio de las luces e interruptores que tienen que ser accionados para que esto suceda. Si se quiere encender una luz, se puede hacer por medio de un interruptor directamente, o por medio de un relevador, indirectamente. También se pueden encender más de una luz con el mismo interruptor, o si no que sea necesario más de un interruptor para encender una o más luces. Esto se refiere a conexiones en serie o en paralelo. De esta manera es que se controla un proceso y se ejecuta un programa. Se asignan direcciones que indican qué lámpara se encenderá cuando se presione un interruptor específico.

Las direcciones dentro de un programa en escalera de un PLC se maneja por medio de módulos y estos a su vez se dividen en bits. Los módulos indican qué lote grande de entradas o salidas se está utilizando. Esto es cuando se necesitan más de un lote para controlar un proceso, esto significa que necesita muchas señales de entradas para controlar el proceso o que también controla muchas señales de salida para variar las condiciones del proceso. En el

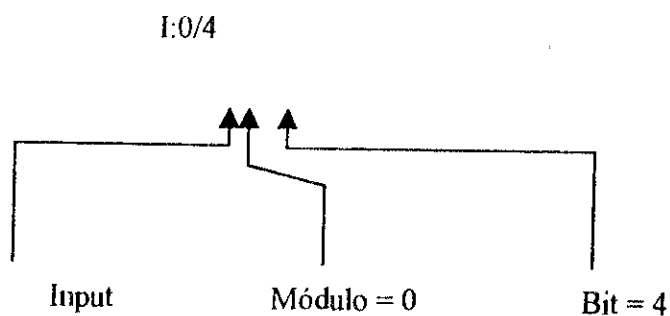
caso del laboratorio se posee un sólo módulo con capacidad para controlar 6 salidas y 8 entradas. Si se tuvieran dos módulos la cantidad de salidas y entradas sería el doble, siempre y cuando fueran similares.

Ya que se ha indicado el módulo a utilizar se especifica la dirección dentro del módulo o el bit que ocupa.

Como se pueden controlar tanto las salidas y entradas como las salidas falsas, etc.; se utilizan letras que indican qué clase de señal es la que se va a generar. Estas pueden ser:

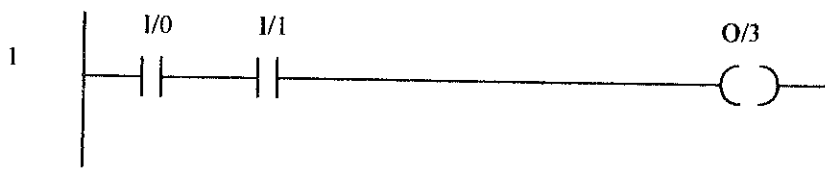
I	=	<i>Input</i> (Entradas)	I:0/0-9
O	=	<i>Output</i> (Salidas)	O:0/0-5
B	=	<i>Binary</i> (Binarias o salidas falsas)	B3:0-100
T	=	<i>Timer</i> (Temporizador)	T4:0-100
C	=	<i>Counter</i> (Contador)	C5:0-100

Cada una de estas forma una familia diferente de direcciones que se manejan en un programa de escalera. Por ejemplo, para referirse a la entrada número 4 en el módulo 0 se escribe así:

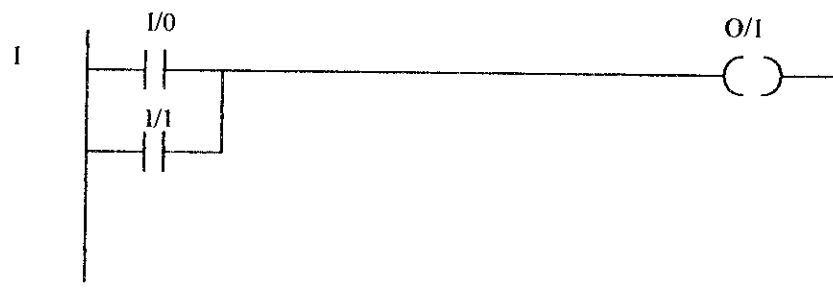


2. Circuitos en serie y en paralelo

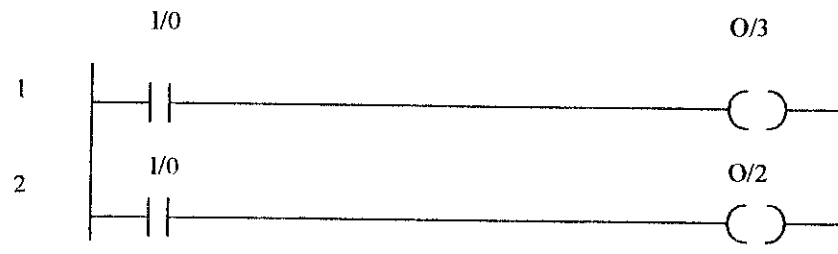
Los diagramas lógicos de escalera se pueden utilizar para representar los dos tipos de circuitos eléctricos que existen. El circuito en serie y en paralelo. Un circuito en serie se puede representar como dos interruptores colocados en serie que tienen que ser accionados para que la lámpara se encienda. Las entradas I/0 y I/1 son las que están conectadas a los interruptores; y la salida O/3 es la lámpara. En un circuito en serie las dos entradas deben estar energizadas para que se cumpla la instrucción. Si solamente uno de los dos se energiza, no funciona. En un diagrama de escalera las dos entradas se colocan una seguida de la otra en la misma grada de la escalera. La siguiente figura representa un circuito en serie.



Las salidas no se pueden conectar en serie dentro del diagrama lógico de escalera. Los circuitos paralelos son formados de forma diferente en el diagrama de escalera. En este caso se instalarán dos interruptores en paralelo para que cuando se accione cualquiera de los dos, la lámpara se encienda. El diagrama muestra la diferencia entre un circuito en serie y uno en paralelo, ya que la línea que posee la instrucción en paralelo no se toma como una línea aparte, es por eso que no se le indica ningún otro número de línea. Para colocar dos o más salidas que sean controladas por una sola entrada se deben colocar las salidas en diferentes líneas ya que no se pueden colocar de forma paralela en una sola. Un diagrama en paralelo se ve así.



Y para colocar dos salidas con una misma entrada.



3. Salidas y Entradas

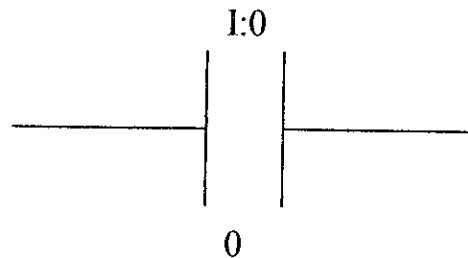
Las salidas y las entradas físicas son las que controlarán el proceso a la actividad que se está automatizando. Cada una de ellas debe estar bien enunciada para saber con facilidad qué representación física tiene cada una de ellas.

En el programa *RSLogix 500*, la programación es muy fácil, ya que sólo hay que trasladar (con el mouse), todos los símbolos desde la barra de herramientas. Para realizar una conexión en serie solamente se colocan, los símbolos uno atrás del otro y automáticamente se enlazan entre ellos. Para la conexión en paralelo existe un icono que muestra una línea en paralelo, lo que se hace es trasladar con el mouse primero ese símbolo y después se colocan las instrucciones.

Para colocar salidas solamente hay que trasladar el símbolo de salida y ponerlo al final de la línea, automáticamente se posiciona en el lugar correcto.

Ya colocados los símbolos, lo que resta es asignarle a cada instrucción su dirección respectiva. Después de asignar las direcciones, se graba el programa en la memoria del PLC y se ejecuta. Más adelante se enseñará detalladamente los pasos para ejecutar los programas.

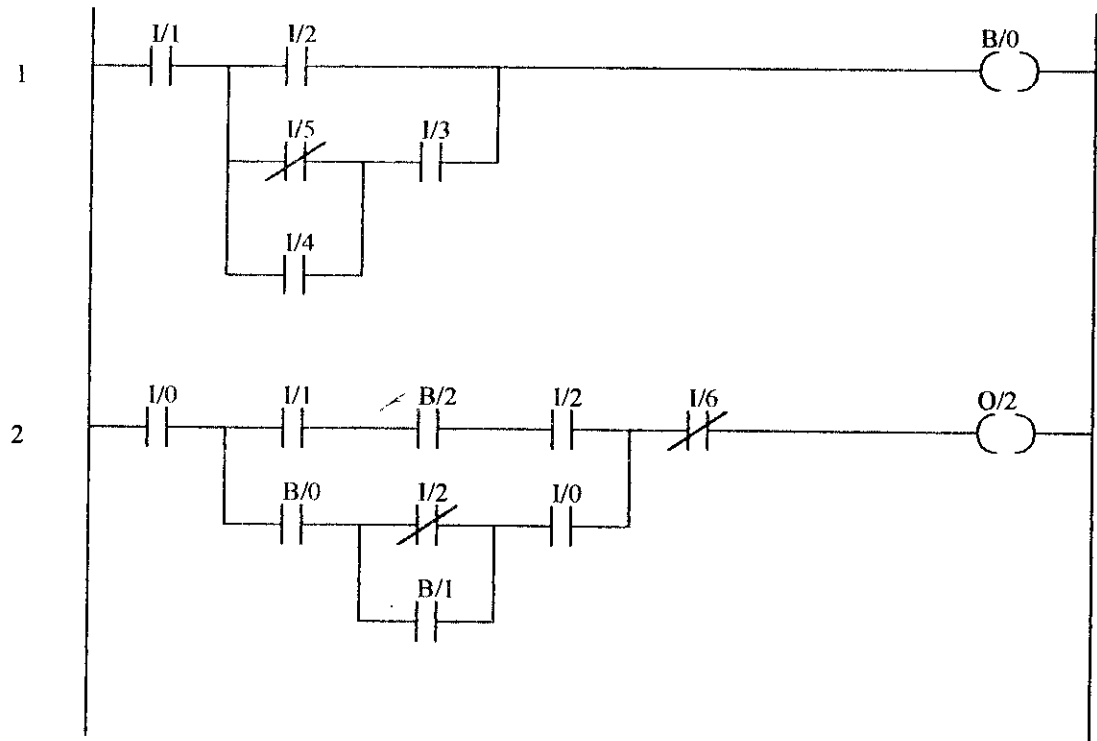
La forma como deben nombrarse los símbolos en el *RSLogix 500* es la siguiente:



esto es lo mismo que escribir I:0/O, de igual manera se escribe para los demás símbolos.

Es posible convertir cualquier diagrama físico de conexiones a un diagrama de escalera. Primero, se tiene que determinar qué combinaciones de entradas activarán las salidas. Después cada combinación es escrita como un escalón en el programa.

Se pueden elaborar diagramas tan complicados como uno se pueda imaginar, siempre y cuando se cumplan las reglas de diagramación. Un ejemplo de un diagrama complejo es el que se muestra a continuación.



Este es un diagrama bastante complejo que en realidad no ejecuta ninguna función específica, solamente muestra la forma de conectar las subdivisiones para formar circuitos en serie y en paralelo.

Los números de las direcciones están designadas por medio de las entradas y salidas descritas en la siguiente tabla.

Elemento	Número de dirección
Entrada externa	I:0/0 – I:0/9
Salida externa	O:0/0 – O:0/5

TABLA II

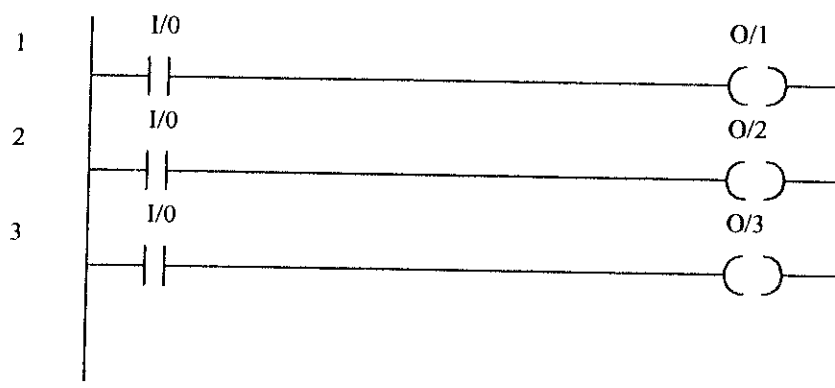
4. Relevadores internos

El concepto más importante acerca de los relevadores es que no afecta el dispositivo de salida. Deben ser utilizados como un elemento de entrada al controlar elementos externos de salida con el fin de supervisar un dispositivo de salida.

Los relevadores mecánicos son componentes que se utilizan para accionar diferentes salidas por medio de una señal de entrada. Se pueden controlar más de una salida normalmente abierta o normalmente cerrada. La versión de un relevador mecánico en un PLC es llamado "relevador interno". Efectúa la misma función, solamente que no existe ninguno físicamente. La única diferencia es la manera como se escribe la dirección.

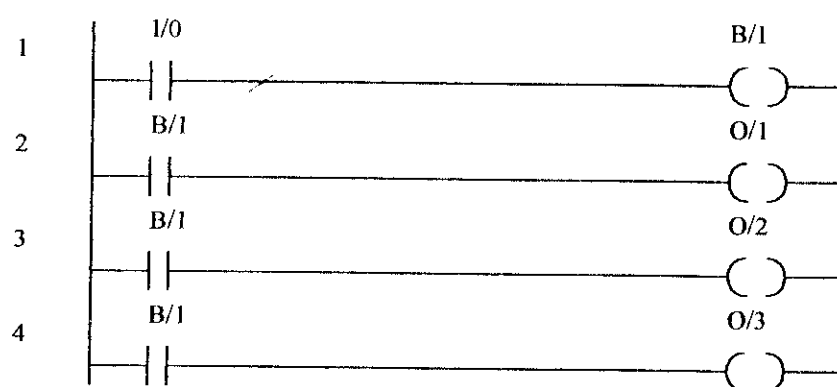
Algunas veces la ventaja de utilizar relevadores internos dentro de un programa es muy difícil de observarla y percibirla. La principal ventaja es el ahorro de tiempo en programación, especialmente y si desea realizar alguna modificación al programa ya escrito. Sin el uso de los relevadores internos la edición y re-escritura de los programas pueden tomar el largo de tiempo similar al que se llevaría en reinstalar físicamente un circuito eléctrico.

Por ejemplo, si se quisieran encender tres luces diferentes con un mismo interruptor, la manera incorrecta de programar esta acción es la siguiente:



Si se quisiera cambiar de interruptor principal, y que ahora en vez de que se accionen con el interruptor I/0 sea con el interruptor I/1, se tendrían que cambiar cada uno de los interruptores en las líneas: 1, 2 y 3. Ahora supongamos que son 10, o 20 lámparas en lugar de 3.

En cambio si se utiliza la siguiente programación:



sólo se tendría que cambiar un número en un símbolo, no importando el número de lámparas que se quieran accionar.

F. Modos de operación

El programa *RSLogix 500* permite utilizar el software en diferentes modos. Estos son los estados en que se opera el programa. Son básicamente 2 modos los más importantes. Para escoger cada uno de los diferentes modos, en la esquina superior izquierda se encuentran iconos en donde se pueden escoger los diferentes modos.

El procedimiento para correr un programa es siempre el mismo y la idea que se debe tener en cuenta es que cuando la persona está escribiendo el programa, no existe ninguna conexión directa con el PLC en ese momento, a esto se le llama de manera técnica, estar

fuera de línea (*Off Line* en inglés). Cuando se termina el programa se realiza su verificación, si no hay ningún problema, el siguiente paso es transportar ese programa a la memoria del PLC. Eso se realiza por medio de una transferencia de archivo (*download*), hacia la memoria del PLC.

En la pantalla existe un ícono con el cual se efectúa la transferencia del archivo. Ya que el programa se encuentra en la memoria del PLC, el siguiente paso es comunicarse directamente con el PLC para poder observar cualquier cambio interno en el programa a la hora de ejecutarse, para esto es necesario estar en línea (*On Line*), con el PLC. Este término se utiliza para indicar que se tiene una comunicación directa con el PLC por medio del programa *RSLinx*, se podrá observar que en ese instante el programa mencionado se ejecuta y pregunta al mismo tiempo si se desea estar *On Line*.

Ya teniendo la comunicación con el PLC el paso final es ejecutar el programa por lo que se debe de cambiar de modo *PROGRAM* al modo *RUN*. Si se deseara efectuar alguna modificación al programa se debe regresar al estado inicial, este es *Off Line*. Para esto se debe primero: escoger el modo *PROGRAM*, segundo: indicar que se quiere estar *Off Line*. Cuando se está en el modo *RUN* la ventaja que existe de utilizar este software en comparación con otros, es que se puede manipular de tal forma que se puede simular el proceso que se quiere realizar. Se aplican salidas falsas desde el teclado de la computadora. Una breve explicación de cuáles son los modos es:

1. Modo "Programación"

Este modo es el que se utiliza cuando se efectúa la programación básica del evento. Aquí no se puede efectuar ninguna prueba del programa ya que no se tiene comunicación con el PLC directamente.

Cuando se quiere corregir un programa se tiene que hacer desde esta pantalla, si se desea hacerlo en otra que no sea esta, el programa no lo permite. Aquí también se realiza la verificación de las direcciones por medio de una comprobación rápida. Si el programa posee algún error de sintaxis, aparecerá un mensaje en la pantalla indicando la clase de error encontrado y su posición exacta.

2. Modo "Ejecución"

El modo ejecución es donde se puede observar el programa que se está ejecutando. Se nota la diferencia fácilmente, debido a sus franjas verdes que indican que están energizadas. Para ingresar a esta pantalla se debe de hacer un download del programa, luego estar en línea con el PLC para así seleccionar la opción "Run".

En este modo se pueden observar individualmente las salidas y entradas. Estas se representarán binariamente, el número 1 indica que está activado y el 0 que está desactivado.

Los temporizadores y contadores se pueden observar en otra ventana en donde se indica el tiempo acumulado y la cantidad acumulada en el contador, en cualquier momento.

Los relays internos se visualizan de manera similar que las entradas y salidas, ya que se activan o se desactivan según sea el procedimiento del programa.

Para desactivar este modo y regresar el modo de programación, solamente hay que seleccionarlo del menú que está en el lado superior izquierdo. En este modo no se pueden realizar correcciones al programa, se debe cambiar al de programación, si se desea hacerlo.

Cuando un programa cambia de modo *Program* a *Run*, en el PLC se enciende la luz que indica que está en el modo *RUN*, si esa luz no se enciende quiere decir que no está en modo *RUN*, asegúrese que se encienda.

Si un programa está grabado en la memoria del PLC y se desea modificarlo, pero no se tiene el original en la computadora, el programa *RSLogix 500* tiene la capacidad de extraer el programa de la memoria y guardarlo en la memoria de la computadora. A esto se le conoce como un *Upload*. En el menú de opciones se encuentra esta opción. Si se tiene un programa diferente en la memoria de la computadora y se realiza un *Upload*, el programa nuevo vendrá a reemplazar al programa viejo, sin poder volver a obtenerlo. Es por eso que se deben realizar copias cada vez que se modifique cualquier programa.

G. Aplicaciones de los PLC's

Lo que se maneja en las aplicaciones reales de los PLC's son entradas y salidas únicamente. Las entradas pueden ser detectores, micros, controladores de temperaturas, medidores de flujo, medidores de corriente, en fin, toda clase de instrumentos que se pueden utilizar en los procesos industriales para controlar. Las salidas serán válvulas solenoides, hidráulicas, neumáticas, alarmas, luces pilotos, señales que arrancarán un motor, etc.

La aplicación del PLC es unir todos los dispositivos de salidas y entradas en uno sólo. Así se podrá controlar la temperatura de un líquido en cocimiento, abriendo o cerrando la válvula solenoide de vapor controlada por el PLC y un controlador de temperatura. Al

mismo tiempo que se abre y cierra una luz, indica cuándo se abre y se cierra la válvula. También una alarma sonará cuando ese ciclo se repita más de 3 veces; si la alarma suena, un interruptor primario se acciona y desconecta la corriente eléctrica de la máquina, por seguridad.

Así como este caso anterior se pueden hacer más modificaciones dependiendo de las condiciones del proceso y de lo que la persona quiera observar y controlar.

La práctica para realizar la programación del caso anterior sería la siguiente:

1. Práctica # 7

CONTROL DE LA TEMPERATURA EN UNA OLLA DE COCIMIENTO

Problema a solucionar

El problema se plantea así. Una cocedora de productos alimenticios se quiere controlar de la siguiente forma. Cuando el producto alcance la temperatura de 140 grados centígrados sonará una alarma y se encenderá una luz piloto. El calor es suministrado por medio de una chaqueta de vapor, el ingreso de vapor está controlado por una válvula solenoide. Cuando el producto llegue a la temperatura, la válvula cerrará el paso de vapor hacia la chaqueta de la olla, lo cual hará que la temperatura baje después de un tiempo. Al bajar la temperatura la alarma dejará de sonar y la luz se apagará. En el momento que la luz se apaga se debe esperar 2 minutos para que la válvula solenoide se vuelva a abrir para repetir el proceso de calentamiento. Cuando el ciclo se repita 3 veces un interruptor general de bloqueo se acciona

para parar toda la máquina y así retirar el producto. Cuando se bloquea todo el sistema, otra luz se enciende indicando el fin del ciclo.

Tabla de asignaciones

Entradas		Salidas	
Descripción	Dirección	Descripción	Dirección
Temperatura	I:0/0	Luz 1	O:0/0
Arranque	I:0/1	Luz 2	O:0/1
Interruptor general	I:0/2	Alarma	O:0/2
		Válvula solenoide	O:0/3

TABLA 12

Para el control de este proceso es necesario utilizar un temporizador y un contador. Estos dispositivos los contiene el PLC dentro de sus capacidades, por lo que no será necesario utilizar elementos físicos.

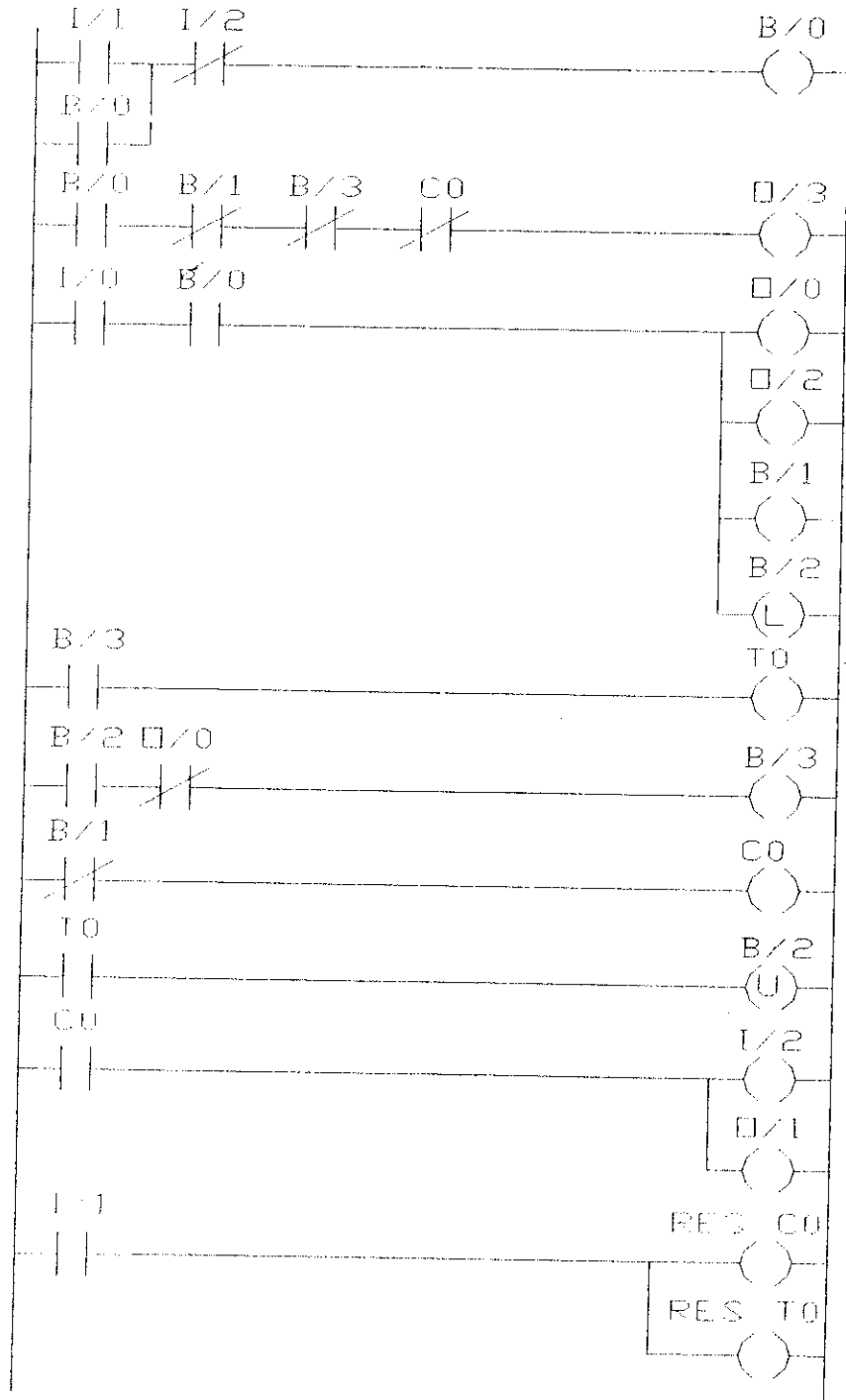
Programación escalera

La programación se escribe como se piensa y se interpreta. A cada paso se le asigna un orden de operación. Esta es la manera como se corrigen los errores y se modifican también las instrucciones.

En la siguiente página se encuentra el diagrama en escalera del problema propuesto anteriormente, con las direcciones indicadas en la tabla. Aquí se utilizarán varios relevadores internos, un contador y un temporizador.

Se puede dar cuenta que los *relays* internos facilitan el trabajo de elaboración y entendimiento del programa. En esta ocasión se utilizó una salida retenida y otra para retirar la retención. Esto sirve para dar la condición para que transcurra el tiempo necesario para

que enfríe y vuelva de nuevo a abrir la válvula de vapor. Si no existiera esta retención, la válvula de vapor se abriría con sólo bajar un grado el punto de operación, en este caso los 140 grados centígrados.



Como medida de seguridad, al inicio de cada ciclo, el contador y el temporizador se restablecen al momento de accionar la entrada I/1. Esto se hace con el fin de borrar cualquier dato que haya permanecido en la memoria del PLC.

2. Práctica #8

CONTADOR DE EMPAQUES LLENOS

Problema a solucionar

Por lo general los dulces se pueden empaacar en bolsitas individuales para luego empaarlos en una bolsa grande. La bolsa grande debe llevar una cantidad definida de dulces para que sea aceptada.

Las máquinas que se utilizan para efectuar estas labores son máquinas que por lo general poseen una tolva de suministro y un disco giratorio que provee de dulces a una cadena con empujadores. Estos empujadores son los que guían el dulce hacia el tubo del empaque. Luego es sellado y cortado por las mordazas en empaques individuales; al final es guiado en una banda donde al final de ésta existe una compuerta que manda la cantidad exacta hacia dos tolvas de empaque que están listas con una bolsa grande para recibir.

El problema es que muchas veces los dulces no se acomodan justamente en el disco giratorio por lo que cuando se forma el tubo de empaque se dejan espacios vacíos. Estos empaques vacíos son contados como que si fuera dulce en su interior, por consiguiente es contado y depositado dentro de la bolsa grande como un dulce bueno. Todo esto esta mal, ya que se están empacando menos dulces que los que dice la bolsa.

La solución a este problema es utilizar un PLC con un programa que realice la función de descartar los empaques vacíos automáticamente y así suministrar la cantidad correcta de dulces hacia las bolsas grandes. La eliminación del empaque vacío se efectuará por medio de aire comprimido y la detección de dulces por medio de detectores inductivos y capacitivos.

De esta manera se eliminarán los empaques vacíos y se asegurará que en la bolsa existe justamente la cantidad que debe haber.

Equipo a utilizar

Se necesitarán los siguientes componentes:

- *Detector capacitivo*
- *Detector inductivo*
- *Contador*
- *Temporizador*
- *2 Electro válvulas*
- *Cilindro neumático*

El detector capacitivo se utilizará para indicar cuándo un dulce se encuentra presente en el lugar correcto. El detector inductivo indicará cuándo el empujador está en la posición correcta. El contador llevará el número de dulces aceptados que han sido empacados. El temporizador dará la señal en el tiempo preciso para que el aire a presión expulse la bolsita vacía. Las electro válvulas serán las que abrirán o cerrarán el paso de aire dependiendo de la señal eléctrica que provenga del PLC. El cilindro neumático se utilizará para dirigir a los dulces empacados hacia las tolvas de empaque simultáneamente.

Tabla de asignaciones

Entradas		Salidas	
<i>Descripción</i>	<i>Dirección</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dirección</i>
Detector inductivo	I:0/0	Electro válvula 1	O:0/0
Detector capacitivo	I:0/1	Electro válvula 2	O:0/1

TABLA 13

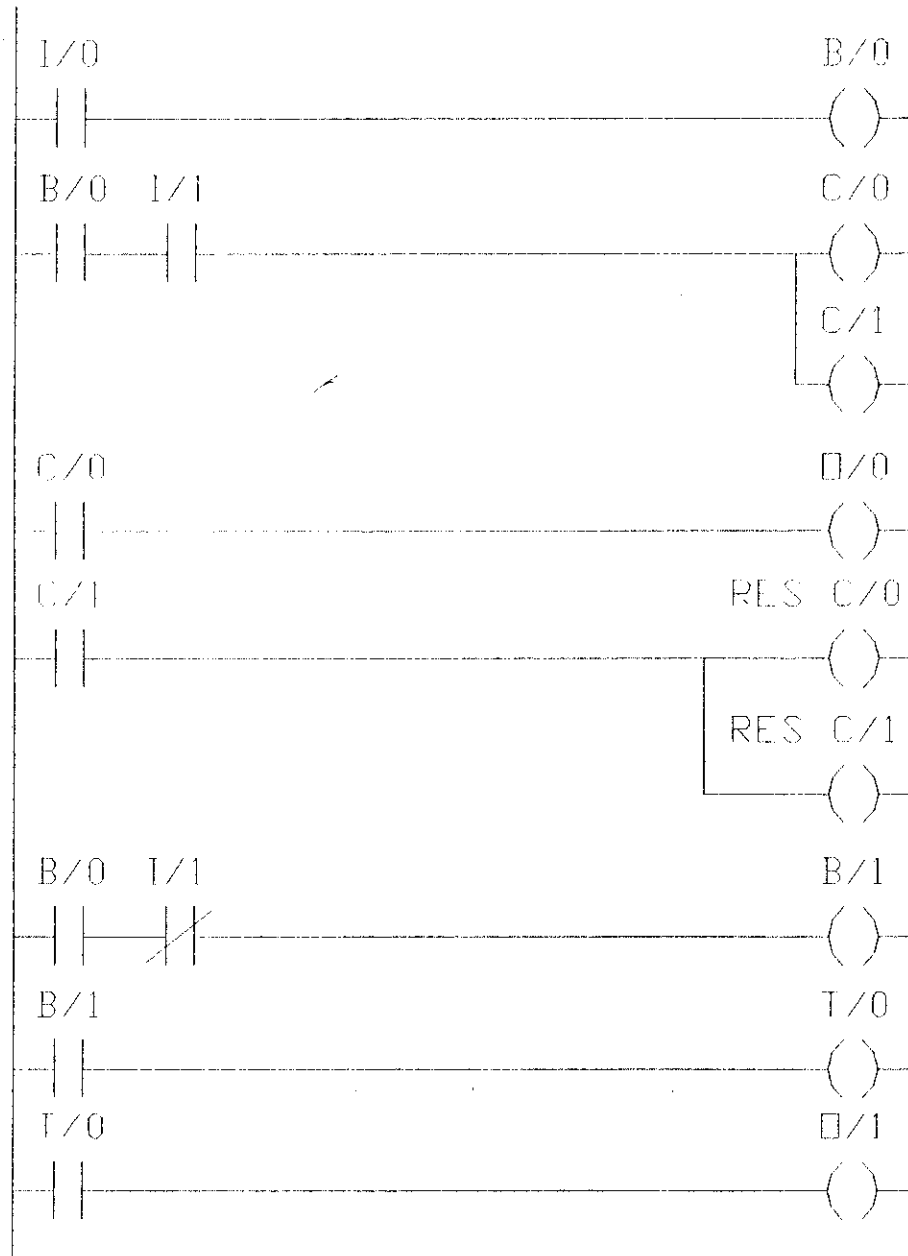
Programación escalera

Aunque este problema se puede entender de la forma más complicada, en realidad no lo es. Aquí también se observa el buen manejo de los *relays* internos para tener una programación más limpia y ordenada.

Para realizar este programa se necesitarán dos contadores en el PLC, esto es para mantener las dos posiciones del cilindro neumático dependiendo del número de dulces que se quiera empaquetar. Suponiendo para esta ocasión que se desean bolsas de 100 dulces, el contador C/0 debe ser fijado para 100 pulsaciones y el contador C/1 para 200. Esto es para que el contador C/1 restablezca las cantidades en los dos contadores cuando se llegue a los 200 dulces. Esto hará que el cilindro regrese a su posición original, ya que se mantendrá energizado en el lapso en que se cuente desde 101 hasta 200.

La manera en que detecte si existe dulce o no está gobernada por el detector que del eslabón. En el momento en que el eslabón es detectado, el sensor del dulce podrá mandar la señal de si existe o no dulce en ese momento. Una vez haya dejado de detectar el eslabón, no tendrá ningún efecto la detención de éste por medio del detector del dulce.

El diagrama en escalera es el siguiente:



VIII. Brazo Robot

A. Introducción

La palabra robot fue por primera vez utilizada en el lenguaje americano en 1922. Es derivada de la palabra checoslovaca “robot” que significa “labor forzada”. El origen proviene de una película en donde un doctor quería inventar substitutos artificiales de los huesos y músculos. Él trató de utilizar substancias biológicas y eléctricas para crear formas de vida artificial. Sus experimentos fallaron y él se volvió loco.

La forma en que las personas se imaginan a un robot es con la apariencia física parecida a la de un humano, como lo revelan gran cantidad de películas de ciencia ficción. Los robots industriales, por otro lado, están siendo fabricados y trabajando todo el tiempo en labores que al ser humano le es difícil y cansado.

Una descripción simple de un robot es: *una máquina que puede realizar de forma automática varios trabajos, siguiendo paso a paso un conjunto de instrucciones.* Para ser considerada una máquina un robot debe ser capaz de mover un objeto que no es parte de sí misma. Una palabra clave para definir una máquina como robot, es que debe de ser “reprogramable”, esto significa que el operador debe ser capaz de cambiar cualquier movimiento que el robot deba efectuar.

Uno de los primeros robots industriales fue fabricado por la empresa *Unimation Inc.* a mediados de la década de 1960. Fue utilizado para líneas de ensamblaje de automóviles. El robot incrementó la productividad y la satisfacción de los trabajadores ya que era capaz de mover más rápido y levantar objetos más pesados que lo que un humano podría hacerlo. Al

usar un robot para cargar y descargar máquinas de alto riesgo para el operador redujeron los accidentes de los trabajadores.

Las ventajas que tienen los robots vs. los humanos incluyen las siguientes: los robots no se cansan, no necesitan refacción, no alegan, no demandan un pago salarial, poseen un alto grado de exactitud, no necesitan ninguna clase de ambiente especial para trabajar y nunca están tarde o ausentes en sus labores.

Las aplicaciones de los robots industriales se pueden observar ilimitadas, en cambio la mayoría de los robots en los Estados Unidos y en el mundo están enfocados a las plantas de manufactura y en particular a las plantas de producción de automóviles. Existen dos aplicaciones generales en donde los robots son de mayor uso, estas son: procesos y transporte. Los robots de manejo o transporte se utilizan para mover partes de una localización a otra. Un robot de proceso está directamente involucrado en la transformación de materias primas, ya sea manejando una herramienta o el material que tiene contacto con la herramienta.

B. Tipos de robots industriales

Los robots son clasificados en tres categorías: servo punto a punto, no servo punto a punto, y servo continuo. Un servomecanismo es un aparato que se utiliza para localizar la posición exacta de un objeto en movimiento en cualquier momento. El reconocimiento de la posición se lleva a cabo por un "feedback", este es el proceso en el cual se obtiene una señal proveniente de la posición del objeto. Esta posición es comparada con una posición conocida; cuando la diferencia entre estas dos es igual a cero, la posición ha sido alcanzada.

1. Servo controlado

Este tipo de robot utiliza un sistema de retroalimentación que continuamente compara la posición del objeto con el predeterminado. Este proceso requiere computadoras de alta velocidad para enviar comandos, leer los resultados, interpretarlos y efectuar las correcciones necesarias.

2. No-servo controlado

Aquí no se utiliza el sistema de retroalimentación, sino utiliza sistemas de control para indicar al motor la posición del objeto. Los sistemas de control pueden ser: micro interruptores, detectores, etc. Se podría decir que este tipo de sistema no posee la suficiente exactitud en comparación con los servos controlados, por lo contrario, este sistema es mas preciso ya que el detector o interruptor indica cuándo el objeto ha alcanzado su posición exacta. En resumen, la exactitud y precisión de este sistema dependerá por completo de la correcta instalación de los sistemas de control.

3. Punto a punto

Los robots que mueven su brazo de un lugar a otro son llamados robots punto a punto. Estos son los que se utilizan para soldadura de estructuras de carros, carga y descarga de tornos, fresas y prensas hidráulicas. Son programados para movilizarse de un punto a otro. No efectuarán el movimiento siguiente sin haber completado la instrucción anterior.

El operador presiona unos botones, los cuales indicarán la dirección con que se debe mover el robot para alcanzar el punto definido.

Electro válvula	Movimiento	Dirección
1	Rotación de la base	En sentido del reloj
2	Extensión horizontal	Hacia afuera
3	Extensión vertical	Hacia abajo
4	Rotación del agarrador	En sentido del reloj
5	Pinzas del agarrador	Cerrando
6	Pistón de paro	Hacia arriba

TABLA 14

Cada uno de estos movimientos está controlado por una electro válvula que sirve como elemento actuador del programa del PLC. Para efectuar una serie de movimientos se debe programar una secuencia al utilizar temporizadores para definir el tiempo en que se tarda la traslación de un cilindro de un punto a otro. Si se desean realizar movimientos simultáneos se deben colocar las salidas del PLC en forma paralela.

Las electro válvulas son dispositivos que controlan el paso de aire por medio de una bobina eléctrica, la cual es manejada por medio de señales eléctricas mandadas desde el PLC.

La figura de brazo robot que se encuentra en el laboratorio es el siguiente:

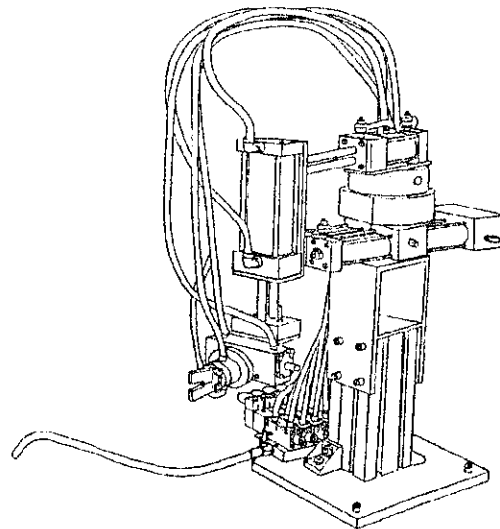


FIGURA 29

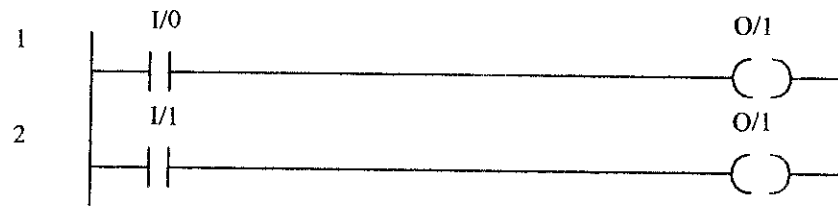
E. Operación

El brazo robot se puede operar de dos maneras diferentes, una de ellas es al actuar directamente sobre las electro válvulas y la otra es por medio de un programa en PLC.

Para operarlo directamente hacia las electro válvulas se utiliza una fuente de potencia que se encuentra en el laboratorio, la cual posee unos interruptores de palanca. Cada uno está numerado para indicar la electro válvula que acciona. De la fuente de energía salen 6 cables eléctricos, cada uno con un conector para electro válvula. Lo que se hace es quitar los conectores que vienen del PLC y conectar los que están unidos a la caja de control de palancas. Esta caja de control tiene un interruptor *On/ Off*, el cual indica por medio de una luz piloto el funcionamiento de este aparato. Ya colocadas las terminales en sus posiciones lo único que se debe realizar es accionar los interruptores de palancas para energizar las electro válvulas. Esta es la manera manual como se maneja el robot neumático.

Cuando se quieren efectuar varios movimientos y estos forman una secuencia dentro de un tiempo estipulado es preferible utilizar el PLC para la coordinación de estos movimientos. Las salidas del PLC están conectadas a las electro válvulas y de esa manera es que se energizan. Para realizar el diagrama en escalera se deben utilizar temporizadores que indicarán el tiempo que se lleva cada movimiento en realizarse. Por lo general solamente se escribe una línea por salida y en ella se realiza la programación para que esta válvula sea accionada o no varias veces dentro de un mismo programa. Nunca se deben tener dos líneas diferentes para una misma salida.

Diagrama de esta forma es incorrecto:



Para poder trabajar el brazo robot se deben tomar en cuenta las direcciones a donde está conectado cada interruptor de las electro válvulas para así tener la tabla de asignaciones y poder crear el diagrama en escalera del conjunto de órdenes que efectuarán la secuencia de movimientos.

Esta es la tabla de asignaciones para cada movimiento que se quiera efectuar desde el PLC en la computadora.

Interruptor	Movimiento	Dirección en el PLC
1	Rotación de la base	O/0
2	Extensión horizontal	O/1
3	Extensión vertical	O/2
4	Rotación del agarrador	O/3
5	Pinzas del agarrador	O/4
6	Pistón de paro	O/5

TABLA 15

F. Prácticas

Las prácticas para el brazo robot se referirán a secuencias de movimientos al utilizar el diagrama en escalera y asignándole un tiempo prudente para ejercer cada movimiento, hay

que tener en cuenta en todo momento la tabla de asignaciones para así poder referir las direcciones del PLC para cada movimiento que se quiera programar.

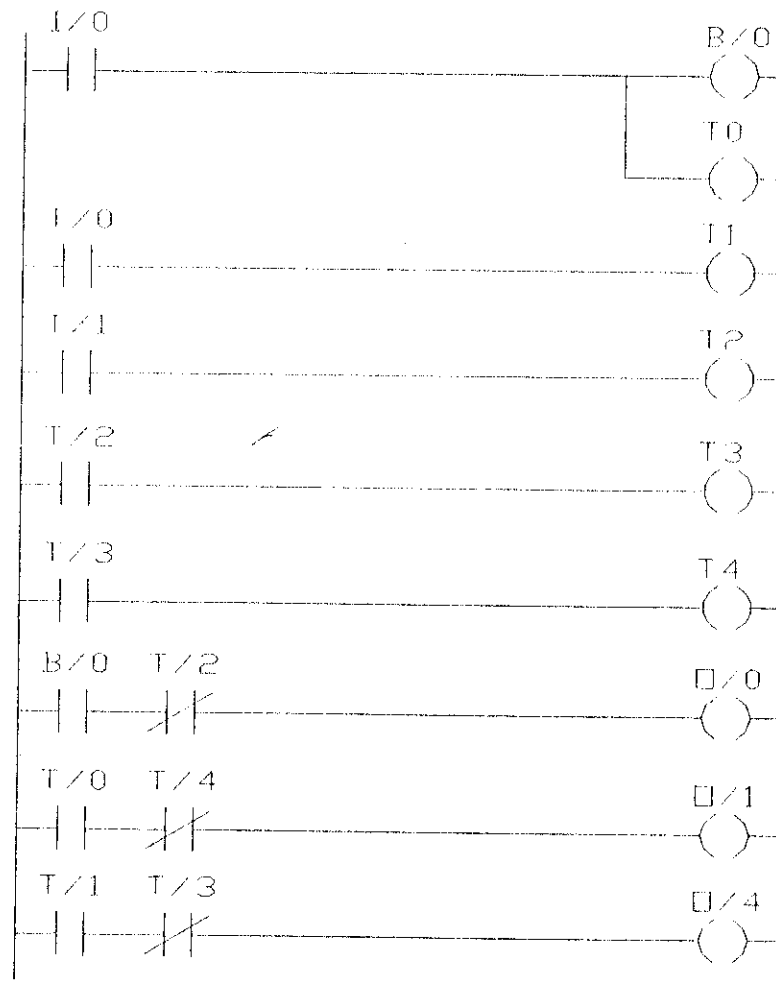
La secuencia a realizar es la siguiente:

Movimiento	Tiempo
Rotar base	5 seg.
Extender	3 seg.
Cerrar mordaza	2 seg.
Rotar base	3 seg.
Abrir mordaza	1 seg.

TABLA 16

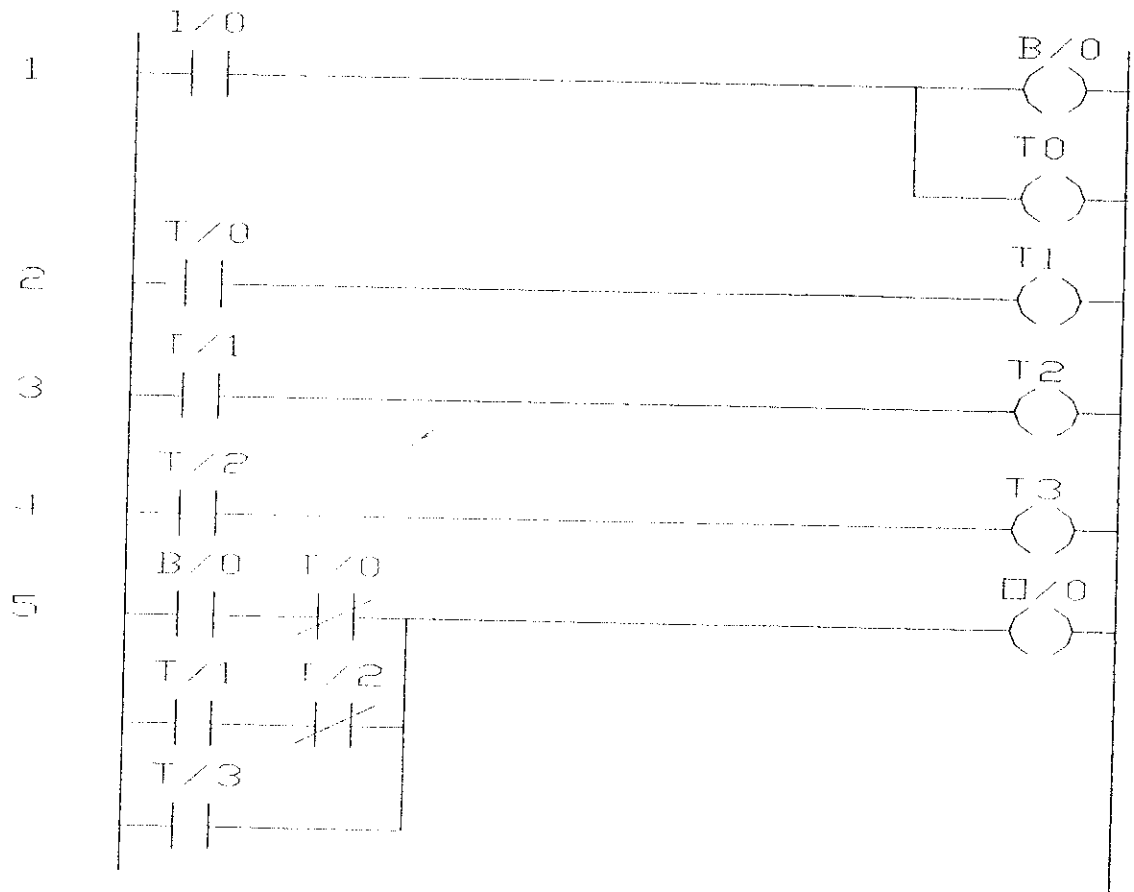
Esta secuencia es muy simple ya que solamente se efectúan movimientos con 3 elementos. De una forma explícita el movimiento es: la base rota, se extiende el brazo, las mordazas se cierran, la base regresa a su posición de origen al rotar de nuevo, y las mordazas se abren soltando la pieza.

El diagrama escalera es el que se muestra a continuación, en el se puede observar toda la secuencia necesaria para realizar los movimientos. La posición de cada una de las instrucciones no trabajan una después de la otra, todas están actuando al mismo tiempo.



Para realizar varios movimientos a la misma electro válvula se tienen que colocar los interruptores de los temporizadores en paralelo para que así se pueda energizar de nuevo la misma salida ya bloqueada. Por ejemplo si se quiere extender el brazo varias veces con un lapso de tiempo de 4 segundos para cada movimiento, se debe realizar el siguiente diagrama.

Suponemos que se va a extender el brazo dos veces y se quedará extendido a la tercera vez. Para esto se necesitará 4 temporizadores al actuar consecutivamente.



Nótese que solamente se utiliza una instrucción de salida, y las instrucciones de entrada son parte de la misma línea.

IX. Mesa de Manufactura Integrada por Computadora

Este capítulo trata sobre como se integran todos los módulos antes indicados. El propósito del laboratorio es poder diseñar y simular un proceso de manufactura de gran escala. Cada módulo estudiado anteriormente actúa independientemente de los demás, pero cuando se habla de un proceso general de manufactura todos deben estar mutuamente enlazados y coordinados para que realicen la función deseada.

Las áreas que se incluyen en la simulación del proceso de manufactura son: transporte de la pieza desde el lugar de almacenaje hasta la máquina herramienta que trabajará la parte; maquinado de la pieza, lo cual se realiza con la máquina CNC asignada; transporte de regreso desde la máquina herramienta hasta el recipiente de piezas terminadas. Para efectuar los movimientos adecuados, contar con indicaciones de la presencia de piezas y saber el momento en que la máquina herramienta puede iniciar su actividad se necesitará el programa del PLC para unir todas las instrucciones y así efectuar el trabajo. De tal modo que el PLC es el cerebro de todo el proceso de manufactura.

A. Manufactura ayudada por Computadora (CIM)

El término CIM se refiere al proceso en el cual los sistemas computarizados están involucrados en el control, monitoreo y ejecución de proyectos con el fin de obtener un proceso más preciso y exacto.

No solo el control del proceso es beneficiado por el uso de las computadoras, también son de gran utilidad en el diseño de piezas muy complejas ya que existen programas especialmente fabricados para efectuar estos trabajos.

En las industrias de mayor renombre en el mundo es muy raro observar alguna de ellas que carezca de sistemas automatizados para el control y manejo de sus líneas de producción. Cada día la tendencia es a mejorar la eficiencia y reducir los costos, esto ha llevado a las personas a desarrollar nuevas máquinas e implementar nuevos sistemas de control.

B. Procesos Industriales

Los procesos industriales a los que está dirigida la implementación de sistemas automatizados pueden ser de varias índoles. Para tener una visión mas real de las aplicaciones en donde se pueden mejorar los modos de operación y de esta manera ser mas eficientes, se mencionan a continuación una lista de industrias y casos en donde se puede llevar a cabo dicha implementación.

1. Líneas de ensamblaje de automóviles

Esta es una área en donde los robots cumplen una función muy importante. Los ensamblajes son más rápidos, por lo tanto mejora la producción y la empresa prospera. Ya que es una industria bastante pesada ayuda a disminuir el tiempo de fabricación y a reducir los accidentes causados por las máquinas pesadas que se utilizan en el proceso.

2. Ingenios Azucareros

En industrias donde se manejan fluidos por medio de tuberías, como en un ingenio azucarero, es de mucha utilidad ya que de esta manera se pueden controlar las direcciones de los fluidos por medio de válvulas neumáticas. Desde una computadora central se puede controlar la apertura de cada una de éstas.

3. Industrias de empaque

Todas las industrias que tengan involucrado el empaque del producto están íntimamente relacionadas con la implementación de sistemas automatizados que controlen la capacidad de empacar y la dirección que deben tomar los productos finales dependiendo de la calidad de cada uno de ellos.

4. Tanques de nivel

El control de los tanques de almacenaje de producto puede ser automatizado de manera que en ninguna ocasión se llegue a quedar sin producto utilizado como materia prima. Esto se lleva a cabo con el empleo de detectores de nivel los cuales indicarán las fronteras del nivel máximo y mínimo. El PLC indicará cuando se deben abrir las válvulas de suministro para llenar el tanque a su nivel.

C. Práctica Final

El propósito de la práctica final es reunir todos los conocimientos adquiridos durante el transcurso de este trabajo para simular el proceso de manufactura de una pieza. Cada práctica individual que se realizó en cada capítulo se reunirá y enlazará con las otras para formar una sola.

SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MANUFACTURA

Introducción

El proceso que se efectuará es el de realizar un trabajo de grabado con la fresa CNC. La pieza a elaborar será transportada desde un depósito de piezas sin trabajar, hasta la fresadora de forma automática, siempre que existan piezas disponibles para trabajar. Luego

la fresadora realizará el trabajo de grabado en la superficie de la pieza exactamente después de terminada la secuencia de transporte. Ya terminado el trabajo se transportará la pieza de la fresadora hasta un depósito de piezas terminadas. Esto es lo que comprende un ciclo de trabajo. Ya terminado el ciclo se podrá efectuar otra pieza siempre que existan piezas y se indique la instrucción de arranque.

Objetivos

- Que el alumno reúna los conocimientos de las prácticas de cada capítulo para formar una sola práctica que incluya todas ellas.
- Adquirir destrezas para realizar simulaciones de otros procesos industriales.
- Finalizar con esta prueba las prácticas necesarias para poder manipular y utilizar las máquinas de que consta el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la UVG, para efectuar estudios o prácticas ajenas a este documento sin necesidad de una supervisión personalizada.

Procedimiento

La mayoría de las partes de que consta esta práctica ya fueron realizadas anteriormente, por esta razón solamente se hará mención a dichas prácticas.

La forma en que se enlazan todos los componentes es la parte importante que no se ha mencionado en ninguna ocasión, por lo tanto será a lo que se enfoque esta práctica.

Primera Parte

Para principiar hay que ajustar el modo del detector que indicará cuando una pieza esta presente en el dispensador.

Para esto hay que conectar el detector a una unidad de control. El modo a utilizar, deberá funcionar de la siguiente forma: el detector debe indicar la ausencia de la pieza. Cuando se cumpla esta condición debe transcurrir un tiempo prudente para que el cilindro empuje la siguiente pieza. Esto quiere decir que debe dar una señal de salida al no detectar la pieza; de manera que actúa de forma inversa a como actuaría normalmente un detector de detención que manda señal cuando el objeto está presente.

Una de las dos conexiones de salida que posee la unidad de control del detector debe ser conectada a cualquiera de las entradas del PLC. Por preferencia se utiliza la entrada # 2 ya que la entrada # 0 será el interruptor general de arranque y la entrada # 1 el interruptor de seguridad de parada.

Segunda Parte

Aquí se debe diseñar el grabado que se quiere efectuar con la fresadora. Esto se lleva a cabo con el programa CNC. Como anteriormente se realizaron varios diseños se utilizará cualquiera de los anteriores y se le agregará algunas modificaciones para enlazar el programa de CNC con el PLC.

Para que el brazo robot pueda colocar la pieza dentro de las pinzas de sujeción de la fresadora se deben ingresar unas coordenadas en el programa CNC para que las pinzas puedan estar en la posición correcta. También hay que agregar un código M para indicar al programa CNC que puede iniciar el grabado después de colocada la pieza.

Las instrucciones que hay que agregar antes de cada programa para utilizarlo en la simulación de manufactura son las siguientes:

Line	G	M	X	Y	Z	I	J	K	Feed	Spindle
1	71									
2	90									
3		58			10.000					
4		52								
5			2.000	20.000						
6	04							2.000		
7		60								
8		3								
9			----- INICIO DEL PROGRAMA -----							
10										
11										

TABLA 17

Estas coordenadas se utilizan para levantar la cabeza de la fresa y para alejar la mesa de las pinzas hacia el brazo robot.

Tercera Parte

Ahora se debe realizar el programa del PLC para que transporte la pieza del depósito de suministro hacia la fresadora, luego que espere por una señal que indicará el momento en que termina la fresadora de efectuar el grabado y puede entonces retirar la pieza y transportarla hacia la bandeja de piezas terminadas.

La secuencia de movimientos del brazo mecánico es la siguiente:

Paso	Movimiento	Tiempo (seg)
1	Base gira	5
2	Brazo baja	2
3	Brazo extiende	2
4	Pinzas se cierran	1
5	Brazo sube	2
6	Base gira de regreso	5
7	Brazo baja	2
8	Pinzas se abren	1
9	Brazo se encoge	2
10	Manda señal de inicio a fresadora	---
11	Espera señal de finalización de la fresadora	---

Paso	Movimiento	Tiempo (seg)
12	Brazo extiende	2
13	Pinzas se cierran	1
14	Brazo sube	2
15	Brazo se encoge	2
16	Cilindro de tope sube	1
17	Base gira	5
18	Brazo baja	2
19	Pinzas se abren	1
20	Regresa a su posición original	3

TABLA 18

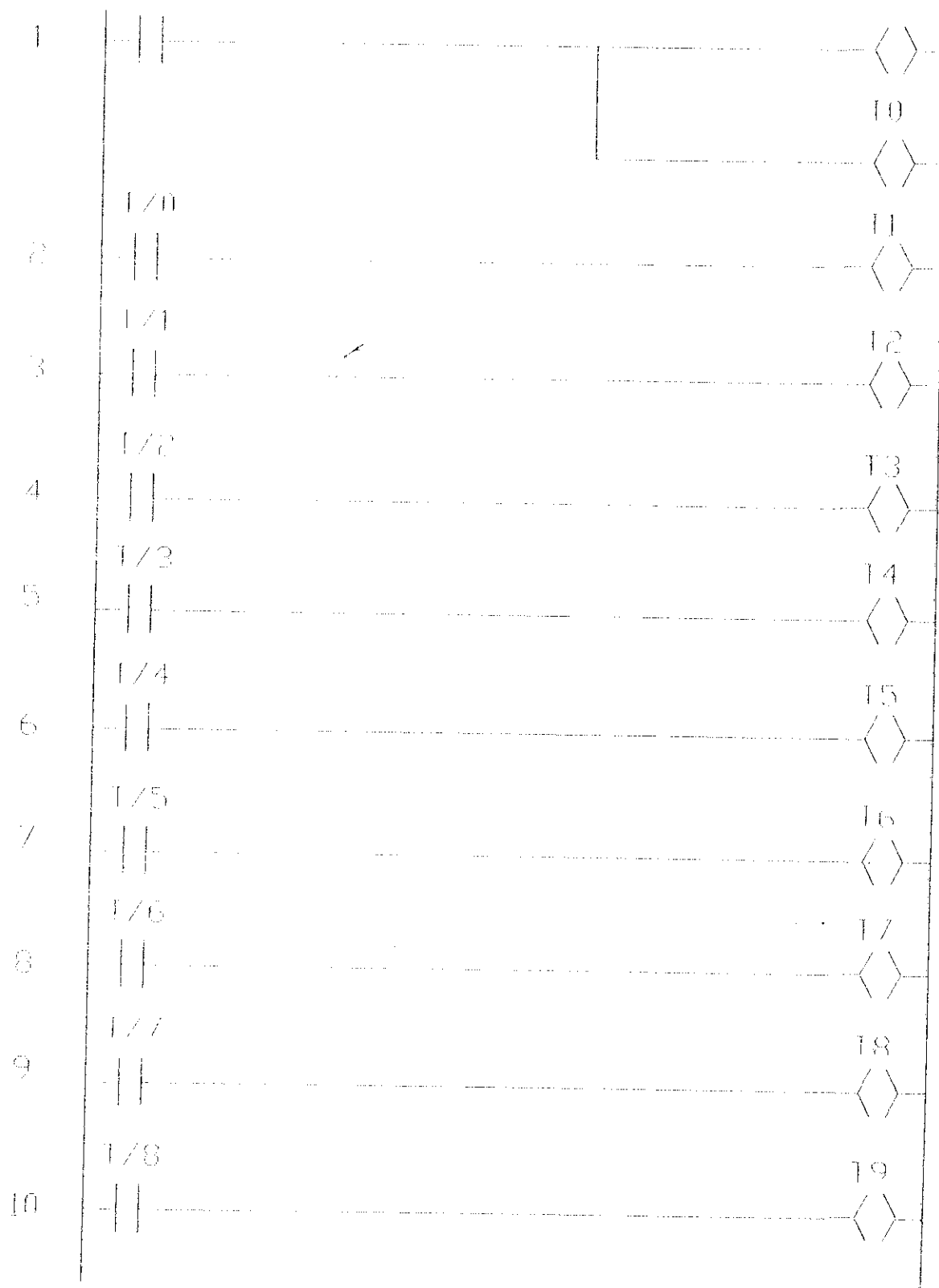
Para efectuar estos movimientos van a ser necesarios temporizadores. El tiempo estipulado anteriormente puede variar dependiendo de la velocidad de los movimientos.

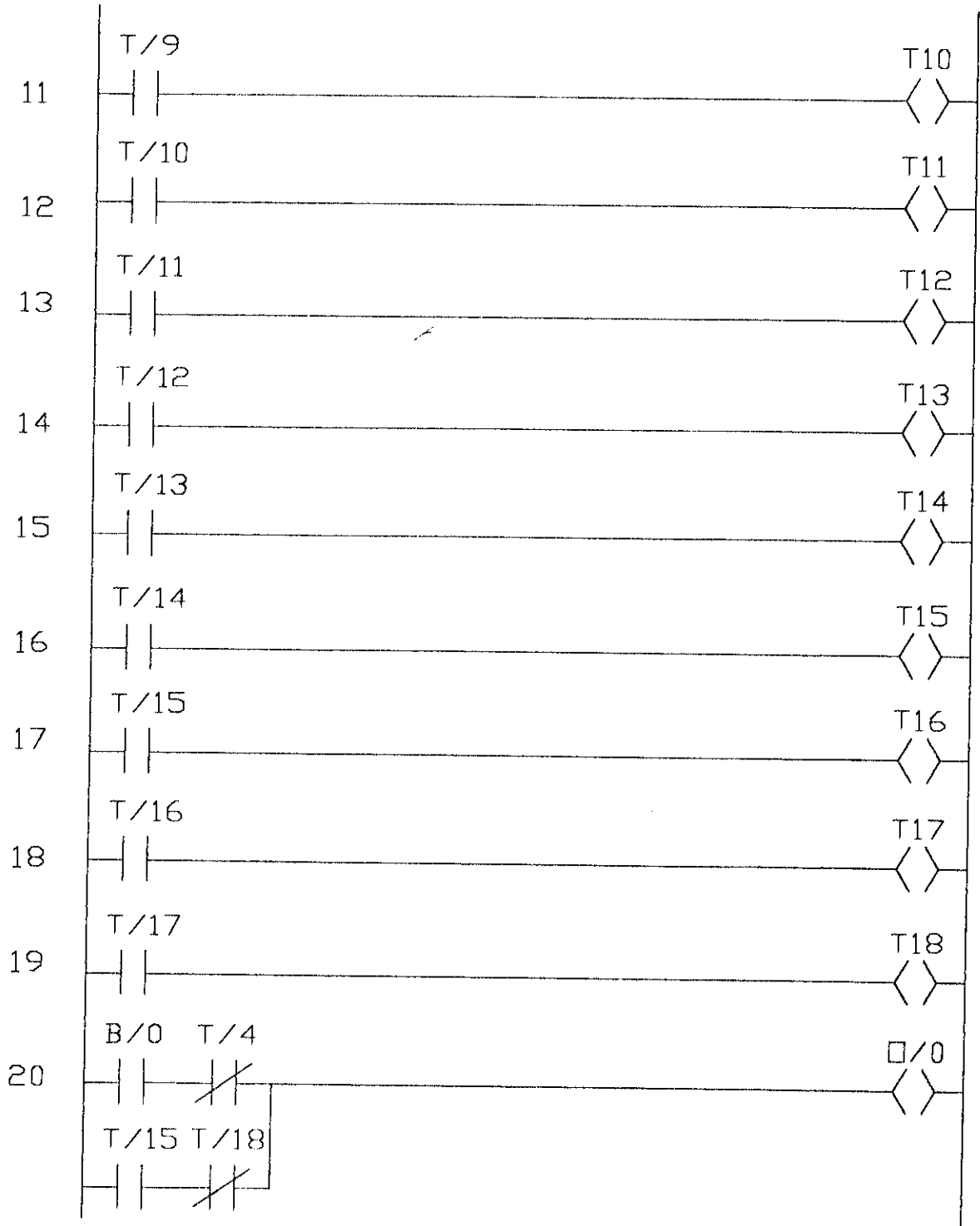
Las asignaciones de entradas y salidas es la misma utilizada anteriormente, estas son:

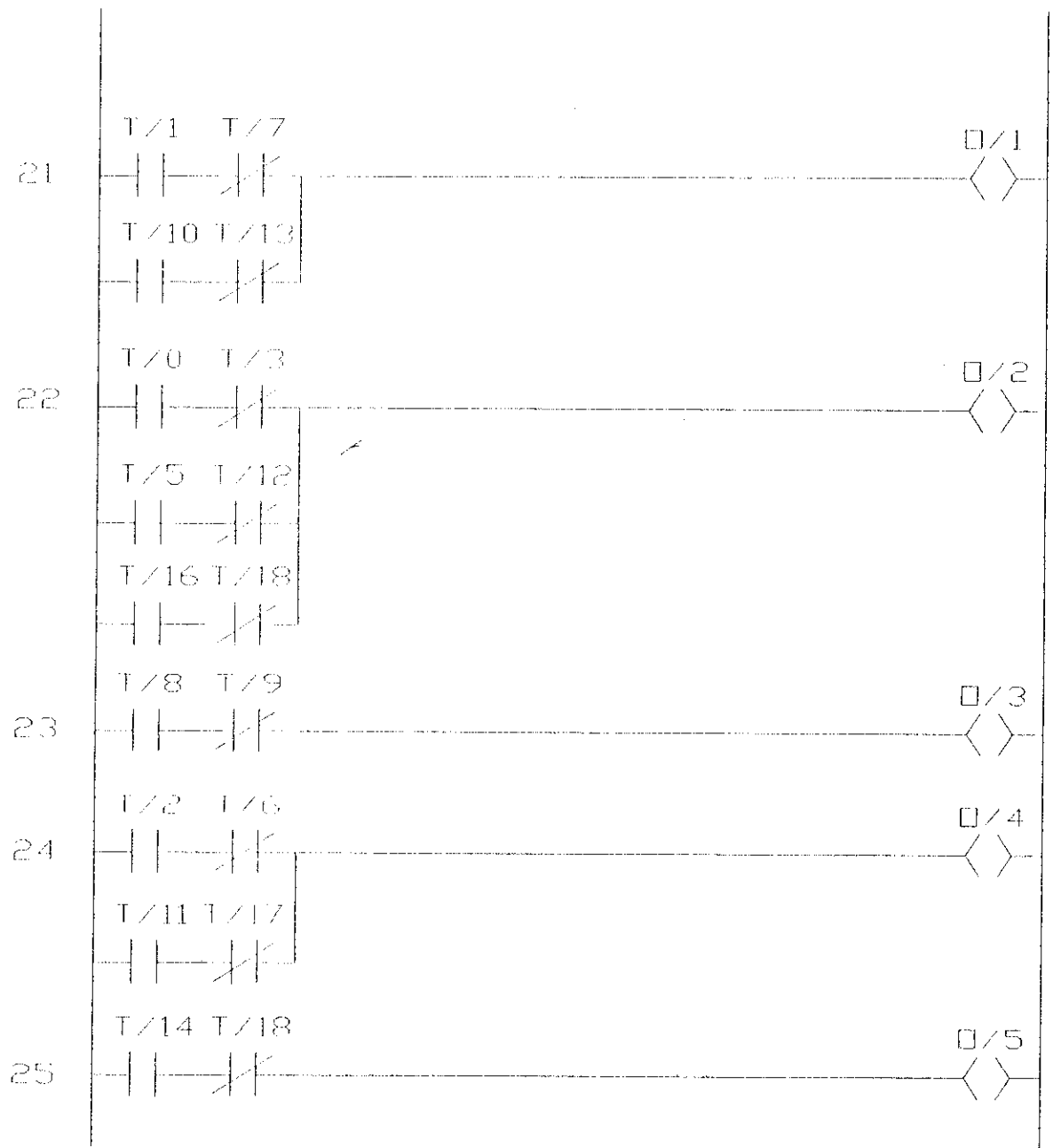
Interruptor	Movimiento	Dirección en el PLC
1	Rotación de la base	O/0
2	Extensión horizontal	O/1
3	Extensión vertical	O/2
4	Pistón de paro	O/3
5	Pinzas del agarrador	O/4
6	Inicio de fresadora	O/5

TABLA 19

Y el diagrama en escalera se muestra a continuación.







Este es el programa que efectúa todos los movimientos del brazo robot, al mismo tiempo que controla el encendido de la fresadora.

Para realizar cualquier otra simulación no es necesario tener que modificar el programa en el PLC. Este programa está diseñado de una forma genérica para que cualquier diseño se ajuste y se pueda realizar.

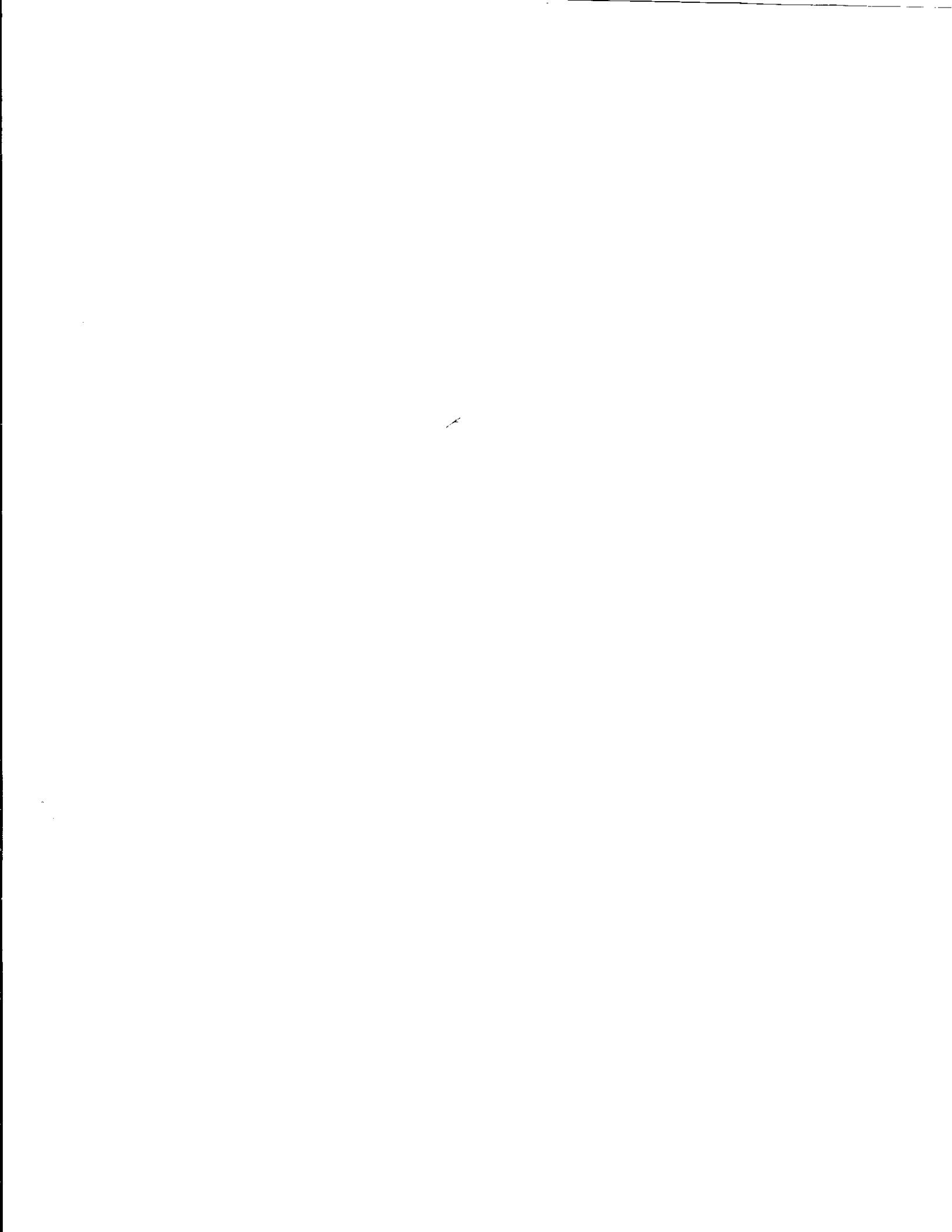
X. CONCLUSIONES

Primera:

Las industrias a nivel mundial se han desarrollado de una manera impresionante, de manera que las antiguas técnicas de manufactura quedaron obsoletas porque son muy deficientes para los requerimientos actuales. Por eso es que se ha llegado a la necesidad de implementar sistemas computarizados que simplifican y hacen más eficiente la producción en serie. Entre estos sistemas nuevos se pueden mencionar las máquinas CNC que utilizan programas especializados para el diseño de piezas complejas y que requieren de bastante exactitud. Si se necesitara fabricar dos piezas que deben ser idénticas, el trabajador de un taller encargado de las máquinas que operan en forma manual no podrá fabricarlas de igual forma al 100%. He aquí la necesidad de operar máquinas que utilizan Programación de Control Numérico por Computadora –CNC-; especialmente cuando se fabrican piezas en serie.

Segunda:

La Programación CNC es una manera de diseñar piezas por medio de coordenadas cartesianas. Tanto un torno como una fresadora se pueden controlar de esta forma. Siendo la diferencia entre manipular estas dos máquinas los ejes de coordenadas que utilizan cada una de ellas. El torno posee solamente dos direcciones, una longitudinal y otra transversal, designadas como eje Z y eje X respectivamente. La fresadora puede moverse en los tres ejes cartesianos que se conocen, estos son: eje Z, para indicar un incremento de elevación; eje X, cuando se indica un cambio de posición en sentido horizontal; y eje Y, para referirse al



movimiento vertical. Estos dos últimos se refieren al movimiento sobre la superficie de la pieza a trabajar.

Tercera:

Los detectores son dispositivos que se utilizan para obtener señales de un proceso que luego serán interpretadas por medio de un Controlador Lógico Programable –PLC- para lograr tener control sobre dicha actividad. Junto con actuadores y procesadores los detectores son una parte importante para un sistema físico de control. Si no existiera un detector en el caso del dispensador de piezas, el brazo mecánico efectuaría todos los movimientos sin una pieza en las pinzas lo que incurriría en pérdida de tiempo ya que hay que esperar a que finalice el ciclo para empezar de nuevo. Lo anterior es necesario para asegurar la existencia de una pieza para realizar las demás actividades.

Cuarta:

El diagrama escalera es una forma de expresar acciones y movimientos a través de instrucciones lógicas. Para una buena programación se deben asignar las direcciones correctamente para que el procesador entienda a que entrada o salida se refiere el programa. Un PLC puede controlar dispositivos como temporizadores, contadores, operadores lógicos, *relays*, etc. dentro del mismo equipo. La ventaja de esto es que se ahorra tiempo y se invierte menos ya que no hay que adquirirlos por separado y enlazarlos unos con otros para formar uno solo.

Quinta:

Reunidos todos los equipos del laboratorio forman lo que se conoce como una unidad de manufactura integrada por computadora. Este equipo es de gran ayuda ya que simula un proceso que se puede encontrar en las industrias que trabajan actualmente en esta área. Poder entender y controlar un proceso de la forma como la persona lo desee, es el fin que tienen las unidades como la que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Cross, Wayne. CNC Lathe Curriculum. Estados Unidos: Editorial Minitex Machinery Corporation. 1992. Pp. 94.
- CNC Mill: User Guide. Estados Unidos: Editorial TII Technical Education Systems Staff. 1998. Pp. 94.
- CNC Program: A Programmer's Guide to the Operations of the CNC Program. Estados Unidos: Editorial Minitex Machinery Corporation. Pp. 122 .
- Instruction Book – Service Parts: Emco Compact 5. Austria: Maier & Co. Pp. 85. 1998
- Pneumatic Robot Control System: Components and Applications for Controlling the Pneumatic Robot. 2da. edición. Estados Unidos: Editorial TII Technical Education Systems Staff. Pp. 66.
- Principles of Programmable Logic Controllers: Featuring the Allen-Bradley MicroLogix 1000. Estados Unidos: Editorial TII Technical Education Systems Staff. Pp. 158. 1998
- User Manual: MicroLogix 1000 with Hand-Held Programmer (HHP). Estados Unidos: Allen Bradley. Pp. 247. 1996

APENDICE

Códigos G

G 00 Rapid Traverse

Este código sirve para mover la pieza de trabajo a la mayor velocidad posible. Aquí no se está haciendo ningún corte, solamente es para ahorrar tiempo entre corte y corte. **NOTA:** No usar este código cuando se deba hacer un corte en la pieza de trabajo. La velocidad a la que se transportará será la que se indicó en el *Job Plan*. Si se cambia la velocidad con otro código se debe ingresar de nuevo el código en la línea para que vuelva a ser la misma velocidad que la del *Job Plan*.

G 01 Linar Interpolation

Este código es el destinado para efectuar cortes longitudinales. Esta velocidad será menor que la anterior puesto que ya se está efectuando un corte a la pieza. Este es el código que se utiliza para hacer cortes rectos.

Se pueden hacer cortes más lentos pero para eso hay que utilizar un código que nos indica la velocidad de avance de la pieza.

G 02, G 03 Circular Interpolation

Estos códigos son los que se utilizan para efectuar cortes circulares. Cuando se ingresen estos códigos serán necesarios valores en las columnas de I, J, K ya que estos son los vectores que marcan el radio del círculo que se quiere trazar.

Estos cortes pueden efectuarse en dos direcciones, estas son: con las manecillas del reloj y contra las manecillas del reloj. Hay que mencionar que los trazos circulares solamente

se hacen en tramos de 90 grados, o sea solamente un cuadrante de toda la circunferencia se efectúa. Para hacer una circunferencia completa se necesitan 4 blocks.

G 04 *Dwell*

Cuando se necesita hacer un paro por cambio de herramienta este código lo representa. El tiempo que se quiere detener el proceso se ingresa en la columna de los valores K.

Cuando hay que cambiar buriles de corte o fresas se debe utilizar este código. También se tiene que ver que la máquina deje de trabajar en una zona donde no se pierda el ajuste de altura de corte para que no se eche a perder el diseño.

G 70 *Inch Programming*

Este es el modo que activa la programación en unidades de pulgadas. Este es el modo por omisión para el manipuleo de cualquier programa si no es que se cambia con el código G 71.

G 71 *Programación en sistema métrico (Metric Programming)*

Es lo contrario al código G 70, ya que éste activa la programación en sistema métrico.

G 90 *Dimensiones Absolutas (Absolute Dimensional Input)*

Esta se refiere a la manera en que se van a ingresar los datos numéricos. Va a ser de una forma Absoluta. Se escoge este código contrario al código G 91, el cual establece una programación por incrementos relativos al último.

G 94 *Pulgadas por minuto (Inches Per Minute)*

Este código es el que se utiliza para poner más lento el movimiento de la pieza.

Códigos M

M 00 Program Stop

Este código para la máquina después de efectuada la instrucción contenida en block donde se encuentre. La máquina reinicia después de presionar cualquier tecla.

La aplicación de este código es cuando se desea cambiar alguna herramienta de corte, o que la base donde está fijada la pieza de trabajo se desea cambiar de ángulo o cualquier aplicación que el programador utilice para suspender el trabajo.

M 02 End of Program

Esto indica el final del programa, donde después de realizada la acción del bloque se preguntará si se desea regresar la herramienta de corte a su posición de origen o solamente salir del programa.

Este código debe ponerse siempre al final de todo el programa como una indicación personal de que el trabajo se terminó.

M 03 & M 05 Spindle On/ Off

Este comando controla la acción del puerto periférico de Corriente Alterna que está a un lado de la máquina principal. Aquí es donde está enchufado el motor que hace girar la herramienta de corte. Así es como se controla el motor o cualquier otra máquina. Uno lo enciende y otro lo apaga.

M 06 Tool Change

Cuando se desea cambiar una herramienta de corte este código sirve muy bien. Lo que hace es mover el cortador para una posición específica en donde sea de fácil acceso para el cambio de la herramienta.

Este código posee funciones ya predefinidas como: el motor se detiene; el cortador se mueve a una posición ya especificada en X, Y y Z; el programa se detiene y después de efectuada la operación de cambio se espera hasta que se presione cualquier tecla para reiniciar el programa.

NOTA: Cuando una herramienta de corte es cambiada hay que tener presente que la nueva herramienta a utilizar se debe colocar en la misma posición que la anterior para no perder la exactitud de los cortes siguientes.

M 47 Repeat Program, Return to Line 1

Este código sirve para realizar operaciones continuas ya que el código regresa a la línea 1 en el programa.

M 60 al M 63 *Input Wait*

Este comando sirve cuando se quiere enlazar el torno con algún otro dispositivo para que trabajen en conjunto. En el laboratorio se utiliza para enlazar un sólo proceso de manufactura con ayuda del brazo robot.

Con una señal se puede ordenar a la máquina que inicie un proceso después que el brazo robot terminó su secuencia de trabajo.

Para operar manualmente esta acción se debe presionar el número que identifica el Input asociado, es decir, si se utiliza el M 60 que indica el *input* 1 hay que oprimir la tecla con el número 1 para activarlo manualmente, si es el M 61 que indica el input 2 se debe oprimir el número 2 y así sucesivamente.

M 89 Return to Start Reference Position (Home)

Este código se utiliza cuando se quiere que la herramienta de corte regrese a su posición de inicio. Este comando ahorra tiempo en el tiempo de programar ya que con un solo código se afectan varios movimientos sin tener que definirlos.

El primer movimiento que hace la máquina es alejar la herramienta de corte perpendicularmente a la superficie de la pieza a maquinar. Ya alejada, se mueve longitudinalmente hacia la posición de inicio.

Movimientos en la fresadora:

La herramienta se aleja en el eje Z hasta la posición de referencia de inicio. Luego es posicionada sobre los ejes X/ Y a la velocidad de traslado rápido hacia la posición de inicio.

Movimientos en el torno:

El butil se traslada sobre el eje X alejándose de la pieza al valor que tiene definido en el *Job Plan* como posición de inicio en esa coordenada. Después se traslada a velocidad rápida sobre el eje Z también a la coordenada definida en el *Job Plan*.

M 90 Tool Feed Rate Change

Cuando se desea cambiar la velocidad de traslación de la herramienta en el programa, el código M 90 indica qué velocidad se utilizará después de efectuada la acción del block en donde se encuentre el código descrito.

La máxima velocidad que se le puede ingresar al utilizar este código es la velocidad de traslado rápido definido en el *Job Plan*. La velocidad definida con este código tendrá efecto en las operaciones siguientes a esta línea o block hasta que otro código M 90 con diferente velocidad lo reemplace.