

31  
24.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGON"**

**"SELECCION Y APLICACION DE CONTROLADORES  
LOGICOS PROGRAMABLES PARA PROCESOS INDUSTRIALES."**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P r e s e n t a:**

**VEJAJME ELIZALDE MALDONADO**

San Juan de Aragón Edo. de México 1997

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## I N T R O D U C C I O N

Debido a que en la actualidad se ha incrementado notablemente la demanda en la Automatización de Procesos Industriales tanto en la iniciativa privada como en la estatal, hacienda necesario en las instalaciones de control sean de tamaño compacto y altamente seguras para mantener altos estándares de calidad, rentabilidad, y confiabilidad, es necesario recurrir a los Controladores Lógicos Programables.

Se sabe que para su instalación, selección pruebas, documentación y puesto en servicio, se tiene una gran dependencia tecnológica y como consecuencia una importante fuga de divisas al extranjero, por lo que es necesario estructurar información y bases técnicas que sirvan de apoyo al ingeniero o usuario - para obtener autosuficiencia técnica para la instalación y mantenimiento de los PLC's.

Basado en lo anterior se desarrollarán los siguientes temas que conforman la tesis "Selección y Aplicación de Controladores Lógicos Programables para Procesos Industriales."

- 1.- INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES PROGRAMABLES.
- 2.- DISPOSITIVOS DE ENTRADA/SALIDA DE LOS PLC'S.
- 3.- FUNCIONES DE PROCESAMIENTO Y PROGRAMACION.

4.- DESARROLLO DE PROGRAMAS PARA PLC.

5.- DOCUMENTACION Y PUESTA EN MARCHA, SELECCION Y APLICACION DE PLC's.

Utilizando un lenguaje no informático y abordando los temas y definiciones esenciales para entender la lógica de operación de los PLC's, este trabajo permitirá efectuar estudios más especializados sobre la materia, tales como el Bus Inteligente y Control Distribuido.

## C A P I T U L A D O

<b>I INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES</b>	<b>1</b>
- El relevador electromagnético	2
- Definición de un PLC	4
- Tiempo de exploración	8
- Códigos numéricos BCD, ASCII y Gray	9
- Lógica Booleana operadores AND, NOT y OR	15
<b>2.- DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA</b>	<b>20</b>
- Definición de los dispositivos I/O	20
- Interfase I/O	21
- Módulos de entrada	22
- Módulos de salida	26
- El Opto-aislador	28
- Dispositivos de entrada	29
- Codificadores	37
- Dispositivos de salida	47
- Comandos de CA (AC Drives)	48
- Reglas de seguridad.	51
- Controladores de Movimiento Programables (PMC's)	52
<b>3.- FUNCIONES DE PROCESAMIENTO Y PROGRAMACION</b>	<b>55</b>
- Componentes de la Unidad de Procesamiento	55
- Organización de la Memoria del Procesador	58
- Ejecución de un Programa de Usuario	59
- Símbolos de Programación mas usuales	60
- Funciones LATCH, UNLATCH, TIMER, TIMER RESET	67
UP COUNTER, DOWN COUNTER y COUNTER RESET	69
- Programación con sentencias IF y LET	73

<b>4.- DESARROLLO DE PROGRAMAS PARA PLC</b>	<b>78</b>
- Dispositivos de Programación	79
- Construcción de un Programa	82
- Técnicas básicas para cargar un Programa	86
- Limitaciones de Programación	90
Entrada de Funciones Especiales	98
- Relevadores de Control Maestro	101
<b>5.- DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA, SELECCION Y APLICACION DE PLC s.</b>	<b>103</b>
- Documentación de Programas	104
- Arranque del Sistema	105
- Verificación de la continuidad de cableado y direccionamiento	106
- Verificación del alambrado de salidas	109
- Mantenimiento Preventivo y de Rutina	110
- Prueba en el modo Disable Outputs	110
- Rastreo y Corrección de fallas	112
- Arboles para la detección y corrección de problemas	113
- Rastreo de un problema de Salidas	117
- Corrección de Programas	120
- Señales que no pueden leerse	123
- Selección de Controladores Programables	125
factores cuantitativos, entradas/salidas	124
tipo de control	127
Software	129
Periféricos	130
Físicos y Ambientales	132
- Aplicación de Controladores Programables	134
- Dispositivos de protección de circuitos de control	135
Arranque secuencial	136
- Conclusiones	148
- Bibliografía	145

# 1 INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES PROGRAMABLES

## EL RELEVADOR ELECTROMAGNETICO

El Controlador Programable es un reciente desarrollo de los Procesos Industriales; Aunque puede parecer complicado al principio, un PLC típico no es difícil de entender ya que está basado en el desarrollo de un mecanismo de control extremadamente simple: El relevador electromecánico como el que se muestra en la fig. 1-1.

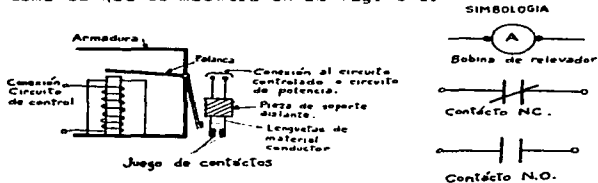


fig. 1-1 relevador electromagnético

El funcionamiento de un relé es similar al del solenoide la armadura móvil es atraída hacia un núcleo metálico fijo y tiene una placa que cuando se encuentra pegada al núcleo presiona una lengüeta flexible a la que están conectados los contactos eléctricos sobre los que se va a actuar cuando el relé funciona, los contactos se abren o se cierran.

Definimos un relevador como un switch electromagnético para el control remoto de cargas eléctricas.

Se originó para reforzar y repetir señales débiles de telegrafía, son similares a un desconectador eléctrico manual pero los contactos se abren o se cierran por medio de un solenoide.

Como se ve en la fig. 1-1 el relevador tiene dos circuitos separados; uno de ellos energiza al electromagneto que se denomina generalmente circuito de control ya que es el controlador del flujo de corriente en el otro circuito.

El segundo circuito se denomina circuito de potencia o circuito controlado.

Los contactos del relevador pueden estar arreglados mecánicamente para permanecer normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC); los NO son aquellos que permanecen abiertos cuando el circuito de control esta abierto o sea cuando hay flujo de corriente. Los NC permanecen cerrados cuando el circuito de control está abierto es decir cuando está energizado; los contactos en el circuito de potencia se abren. La mayor ventaja del relevador es la capacidad de controlar un circuito que esta eléctricamente aislado del circuito de control; es posible entonces tener corriente directa en el circuito de control y corriente alterna en el circuito de potencia, también es posible tener voltajes y corrientes ampliamente variados en ambos circuitos. Aunque los relevadores magnéticos de control se han utilizados para controlar procesos y eventos complicados



tienen una desventaja significativa : Una vez que se ha alambrado el circuito para una aplicación específica, es muy difícil y tardado cambiar la secuencia de control ante la ampliación o modificación en planta del proceso; Cada relevador tiene que verificarse y realambrarse para reorganizar el patrón secuencial.

Además de proporcionar la capacidad para la toma de decisiones mediante conexiones que forman circuitos lógicos, los relevadores pueden utilizarse con preferencia sobre los interruptores para controlar el corte o suministro de la alimentación en un lugar remoto o para controlar un dispositivo de alta tensión o por el que circulan corrientes elevadas, mediante una tensión o corriente de valor reducido.

Al referirnos al circuito de la fig. 1-2, si mantenemos abierto el interruptor X1, el relevador C1 se desactiva con lo cual se cierran los contactos de este, que son del tipo NC y la salida Y1 queda conectada a la alimentación de 120V, cuando se cierra X1, se activa el electroimán del relevador C1 y la palanca móvil cierra los contactos del tipo NC, entonces se corta la alimentación de Y1 y se aplica a Y2.

Antes de la aparición de los PLC's, las funciones mostradas anteriormente eran efectuadas por relevadores magnéticos conectados físicamente con cables. Actualmente al utilizar un PLC se trabaja con relevadores de estado sólido cuya función es muy similar a la de un relevador electromagnético pero con una

ventaja significativa: No hay partes móviles, las funciones lógicas que requiera el proceso de control para almacenar una secuencia de estados o para combinar múltiples caminos lógicos, se implementan mediante circuitos lógicos de semi conductores que son realmente "Posiciones de memoria del PLC"

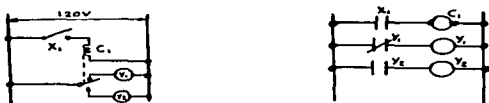


fig. 1-2 Diagrama eléctrico.

#### DEFINICION DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Un PLC o autómatas programable industrial es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático diseñado para controlar en tiempo real y ambiente industrial, procesos secuenciales.

La estructura característica de los PLC se ilustra en la fig. 1-3.

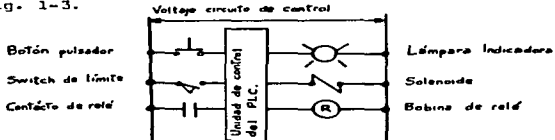


fig. 1-3 estructura característica de un PLC.

Debe instalarse una provision especial para que un PLC acepte informacón o seÑales de los dispositivos de entrada típicos tales como botones pulsadores, interruptores de límite, contactos de relevador etc. es decir que no hay conexiones directamente alambradas entre entradas y salidas (Esto se analizará posteriormente).

En lugar de ello las condiciones de las entradas se convierten en seÑales lógicas de nivel, que son la entrada a un computador digital en la Unidad de Control. Un programa almacenado especifica cuales salidas deben ser energizadas; basandose en los estados presente y pasado de las seÑales de las entradas.

Las salidas lógicas de nivel provenientes de la Unidad de Control se convierten a los niveles de voltaje adecuados para energizar o desenergizar varios dispositivos de salida. El papel de la Unidad de Control es rastrear continuamente el programa, haciendo que las salidas esten en ON/OFF dependiendo de las condiciones de desconexión de las entradas. Por lo tanto el PLC debe estar provisto con un programa que defina las secuencias de desconexión deseadas. Este capítulo considera aplicaciones que pueden ser utilizadas en la programación, se hace énfasis en los requerimientos de organizacón de control, de tal manera que se obtengan una serie de ecuaciones en lógica Booleana definiendo las tareas a realizarse. Aunque varios modelos de PLC comerciales utilizan normalmente en sus programas técnicas - de programación especiales tales como diagramas de escalera

o proposiciones y sentencias lógicas en inglés que pueden interpretarse y desarrollarse por la unidad de control.

Una de las muchas ventajas de los PLC es que son modulares tal como un sistema de sonido stereo; los componentes pueden agregarse, sustituirse y reacondicionarse para dar al sistema una gran flexibilidad. Un sistema de PLC típico tiene 3 componentes principales, cada uno de los cuales puede considerarse un módulo esencial en el sistema:

- a) LA SECCION DEL PROCESADOR
- b) EL MODULO DE ENTRADA/SALIDA
- c) LA UNIDAD DE PROGRAMACION

Estos componentes funcionales se representan en la fig.1-4

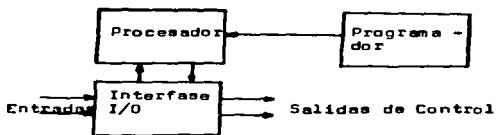


fig. 1-4 Componentes de un PLC

El dispositivo de programación es portátil y desconectable aunque puede permanecer fijo en algunos sistemas, físicamente la interfase I/O está incluida en la sección del procesador en el mismo gabinete. Una de las similitudes de los PLC y los computadores generales es que ambos aceptan dispositivos

de entrada/salida que pueden ser analógicos o digitales y que se comunican con los circuitos lógicos. La comunicación con los dispositivos I/O se logra por medio de una interfase de I/O como la que aparece en la fig. 1-5.

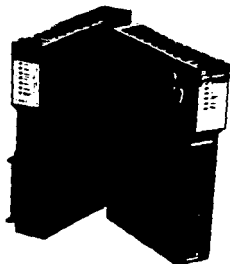


fig. 1-5 Módulo de interfase CRM-210 de Square D.

La interfase I/O es modular, la expansión del sistema se logra adicionando mas módulos I/O a la sección original.

Tanto los dispositivos de entrada como los de salida se denominan comunmente como dispositivos reales o del mundo real, estos términos se derivan del hecho de que las señales y comandos no siempre van o vienen a lugares fuera de los circuitos del procesador, esto es, algunas veces el temporizador, relé y señales de contadores son generadas dentro de los circuitos del PLC y los programas de usuario, mien

tras que los dispositivos reales de I/O están siempre fuera de la unidad del procesador. De hecho los modelos actuales estan contruidos con microprocesadores que son circuitos integrados a gran escala tan pequeños que caben en diminutos CHIPS. Un microprocesador contiene básicamente:

- a ) Una unidad Aritmética
- b) Un circuito de Control
- c) Registros Especiales

Los microprocesadores típicos utilizados en los PLC son Intel 8088, Motorola 68000, Ziglog Z80 y Motorola 6809.

Tal y como un hardware es colocado en un gabinete, así lo son los lenguajes de programación, los lenguajes originales de los PLC solo sirven para reemplazar la lógica de relé en una forma mas simple, los lenguajes posteriores se desarrollan con refinamientos mayores como: aritmética, derivación, y manipulación y transferencia de datos. TIEMPO DE RASTREO (SCAN TIME)

Durante la ejecución de computaciones lógicas y desarrollo de operaciones por PLC, es necesario pasar repetidamente por todo el programa con el propósito de implementar la función lógica deseada. Puede pensarse que el hecho de pasar por todo el programa es como un ciclo en el que todas las entradas son muestreadas, las proposiciones y sentencias lógicas son evaluadas y las salidas son colocadas apropiadamente, tal ciclo operativo se denomina Rastreo o Exploración y el tiempo requerido para un ciclo se denomina: Tiempo de Exploración (Scan Time). Este tiempo es una indi

cación de que tan seguido es evaluada cada función lógica del programa en ejecución.

#### CODIGOS NUMERICOS.

Hay una variedad de formas para representar números algunos mas convenientes que otros, por ejemplo, estamos familiarizados con los sistemas de numeración arábigos y romano, el arábigo se basa en el número 10, la aritmética es muy simple al efectuarse los calculos en la base 10.

La aritmética con números romanos es casi imposible de hacerse ya que no hay lugares de cifras consistentes.

La base 10 fué un sistema natural para las civilizaciones primitivas ya que los seres humanos tienen 10 dedos en las manos y en los pies, sin embargo las computadoras lo hacen mucho mejor al tratar solo con UNOS Y CEROS, operando en el sistema binario, que se desarrolla sobre la base " 2 ".

Es un sistema en el que sus cifras pueden representar "dentro" y "fuera", "alto o bajo", "verdadero o falso" o cualquier par de contraposiciones. Estos lugares también se denominan BITS ( Una contracción de binary digits), el sistema de numeración binaria esta en el paralelo con el sistema común decimal, sin embargo cada dígito de un número binario representa una potencia regresiva de 2, iniciando de derecha a izquierda. Aunque en el sistema de numeración binario se basa la operación de las computadoras, los números binarios de cifras largas son difíciles de leer para nose .

tros, por esta razón se han desarrollado 3 diferentes códigos adicionales que también utilizan 1 y 0, estos son:

- 1.- Código Binario de Decimales BCD (Binary-Coded Decimals)
- 2.- Sistema Octal.
- 3.- Sistema Hexadecimal

Algunos PLC utilizan el código binario, otros se basan en el octal o hexadecimal.

#### CODIGO BINARIO DE DECIMALES

Un número en código binario BCD se forma tomando este en su forma decimal y convirtiendo cada dígito a un número binario equivalente. El resultado es una fila de dígitos binarios:

Decimal 87							
Binario	1	0	1	0	1	1	1
	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
	$64 + 0 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 = 87$						
BCD	<u>1000</u>	<u>0011</u>					
	<sub>8</sub>	<sub>7</sub>					

Sabemos que la serie binaria del decimal 87 se obtuvo de la siguiente forma:

$$\begin{array}{r}
 43 \\
 2 \overline{)87} \\
 \underline{07} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 21 \\
 2 \overline{)43} \\
 \underline{03} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 10 \\
 2 \overline{)21} \\
 \underline{01} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 5 \\
 2 \overline{)10} \\
 \underline{0} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 2 \\
 2 \overline{)5} \\
 \underline{1} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 1 \\
 2 \overline{)2} \\
 \underline{0} \\
 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 0 \\
 2 \overline{)1} \\
 \underline{1} \\
 1
 \end{array}$$

El binario 87 será, arreglando las potencias progresivas de 2 iniciando desde el dígito a la derecha.

$$87 = 1010111$$



Los números BCD no pueden sumarse y restarse con simplicidad, sin embargo se ha implementado una técnica para efectuar este tipo de operaciones en los modelos actuales de microprocesadores.

Ya que solo los dígitos de un número decimal (no el valor global) deben representarse por número binario, sólo los dígitos del 0 al 9 necesitan traducirse al binario, el dígito más extenso puede representarse con solo 4 dígitos arreglándolos de 0000 a 1001.

Precisamente uno de los más comúnmente utilizados es el código BCD 8 4 2 1. Los dígitos decimales se representan de la siguiente manera:

Decimal	BCD	8	4	2	1
0		0	0	0	0
1		0	0	0	1
2		0	0	1	0
3		0	0	1	1
4		0	1	0	0
5		0	1	0	1
6		0	1	1	0
7		0	1	1	1
8		1	0	0	0
9		1	0	0	1

Usando la tabla anterior podemos encontrar la representación BCD de cualquier número decimal, ejemplo la representación del decimal 7954 en BCD:

$$7 \ 9 \ 5 \ 4 = 0111100101010100$$

#### CODIGO ASCII

Una cosa es comunicar números utilizando el formato BCD y otra es imprimir mensajes con significado en un dispositivo.

tivo de display o en una impresora; para esto es necesario para esto es necesario algo mas, las letras normales, numeraciones que se encuentran en un teclado de una máquina de escribir son denominados colectivamente "alfanuméricos".

Muchos PLC'S son capaces de reconocer, procesar y transmitir símbolos numéricos y alfanuméricos.

El código mas comúnmente utilizado para representar alfanuméricos es el ASCII; siglas de American Standard Code for Information Interchange, es un código de 7 bits que representa numeraciones, letras, símbolos de puntuación y códigos de control para comunicaciones, por conveniencia los datos en ASCII, se transmiten en bloques de 8 bit regularmente la tabla 1-1 muestra una lista de símbolos traducidos al código ASCII, nótese que los bits se leen en reversa.

Last 3 digits reading right to left		D00	D01	D10	D11	100	101	110	111
First 4 digits reading right to left	0	1	2	3	4	5	6	7	
0000	0	NUL	DLE	SPACE	0	9	P	0	
0001	1	SOH	DC1	1	A	Q	a	0	
0010	2	STX	DC2	2	B	R	b	1	
0011	3	ETX	DC3	3	C	S	c	1	
0100	4	EDT	DCA	4	D	T	d	1	
0101	5	ENG	NAK	5	E	U	e	1	
0110	6	ACK	SYN	6	F	V	f	1	
0111	7	BEL	ETB	7	G	W	g	1	
1000	8	CAN	EM	8	H	X	h	1	
1001	9	HT	EM	1	B	1	Y	1	
1010	10	LF	SUB	10	J	Z	j	1	
1011	11	VT	ESC	11	K	[	k	1	
1100	12	FF	FS	12	L	]	l	1	
1101	13	CR	GS	13	M	^	m	1	
1110	14	SO	RS	14	N	_	n	1	
1111	15	SI	US	15	O	~	o	DEL	

Code abbreviations

NUL	Null	DC1	Direct control 1
SOH	Start of heading	DC2	Direct control 2
STX	Start text	DC3	Direct control 3
ETX	End text	DC4	Direct control 4
EDT	End of transmission	NAK	Negative acknowledgement
ENG	Engage	ETB	Synchronous idle
ACK	Acknowledge	SYN	End transmission block
BEL	Bell	CAN	Cancel
BS	Backspace	HT	Horizontal tab
HT	Horizontal tab	SUB	Substitute
LF	Line feed	ESC	Escape
VT	Vertical tab	FS	Form separator
FF	Form feed	GS	Group separator
CR	Carriage return	RS	Record separator
SO	Shift out	US	Unit separator
SI	Shift in	DEL	Delete
DLE	Data link escape		

Example: ASCII A = 100 0001  
= 4 1 (Hex)

Tabla 1-1 Códigos ASCII

## CODIGO GRAY

Un codificador es un dispositivo que crea señales numéricamente codificadas para representar la posición de un elemento sensor, los PLC usualmente reciben información de los codificadores que se hallan de algún modo unidos o enlazados a varios tipos de elementos sensores que se diseñan para cambiar lentamente la posición mientras que ocurren cambios en la variable medida ( temperatura , presión razón de flujo posición ) mientras la posición del sensor cambia, el codificador cambia su señal de salida para representar la posición nueva del sensor , entonces el PLC recibe y procesa esta nueva señal. El código gray es un sistema de numeración que se presta para que los codificadores cuenten las revoluciones de las flechas rotatorias es un código inusual en el que los valores de posición o localización no permanecen cambiando.

En el código binario, se sabe que cada valor de localización de derecha a izquierda, representa la potencia de 2 - subsecuente, estos valores de localización nunca cambian cuando se cuenta en binario, mas de un número puede cambiar mientras se avanza hacia el número inmediato superior alguna veces puede llegarse al rebosamiento cuando una cifra va de 11111 a 100000, el código gray fué inventado para prevenir o evitar este tipo de condición , en este solamente cambia un bit cuando se va en secuencia progresiva, para lograrlo, los valores de localización deben ...

cambiar constantemente , la tabla 1 - 2 muestra la equivalencia del código gris de 4 bits contra los números decimales y binarios.

TABLA 1-2 Comparación de 3 sistemas de numeración.

Código Gray	Binario	Decimal.
0000	0000	0
0001	0001	1
0011	0010	2
0010	0011	3
0110	0100	4
0111	0101	5
0101	0110	6
0100	0111	7
1100	1000	8
1101	1001	9
1111	1010	10
1110	1011	11
1010	1100	12
1011	1101	13
1001	1110	14
1000	1111	15

El código gray se usa en codificadores de flecha para eliminar la ambigüedad en la lectura de escobillas, se obtiene de los números binarios naturales con el siguiente cambio; Copie el número binario natural pero complementa cualquier bit que tenga un 1 en la posición inmediata anterior siguiendo de izquierda a derecha .

Método que en el Código Gray, solo un dígito cambia entre números adyacentes . Este código ha encontrado una gran aplicación en codificadores ya que es muy fácil de construir uno que cambia su salida en un sólo bit cada vez que el sensor cambia de posición , así mismo, ya que un sólo dígito cambia a la vez, se puede verificar una serie de números fácilmente

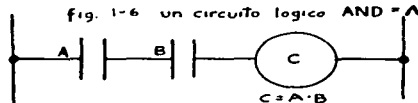
y si mas de un dígito cambia entre un número y el siguiente, se sabrá que existe un error de condición.

#### LOGICA BOOLEANA

Debido a que estamos tratando con circuitos digitales, de be abordarse el tema de "Algebra Booleana" o "Lógica Booleana". El nombre proviene de George Boole, matemático del siglo XIX quien la inventó. Este sistema de álgebra, efectivamente convierte sentencias lógicas de palabras en ecuaciones matemáticas. Es un sistema simple en el que una variable puede tener solamente uno o dos valores: Si o No, 1 o 0 ON/OFF, etc. Ya que las ecuaciones Booleanas tienen solamente soluciones ON/OFF, pueden implementarse con circuitos binarios de un Controlador Programable. La lógica Booleana utiliza 3 operaciones matemáticas fundamentales:

- 1.- AND, El proceso lógico de multiplicación
- 2.- OR , Proceso lógico de adición
- 3.- NOT, Proceso lógico de inversión, el cual produce el opuesto o complemento de un dígito.

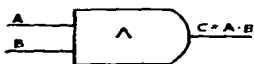
La primera de las funciones básicas del álgebra Booleana es la función AND. La fig.1-6 muestra el circuito lógico de esta



Nótese que contiene dos circuitos normalmente abiertos

Una tabla de verdad es un diagrama que muestra todas las entradas posibles y las salidas resultantes para cualquier circuito lógico dado.

La tabla de verdad y su símbolo eléctrico para un circuito AND de 2 entradas, se ilustra en la fig. 1-7



A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

fig. 1-7 función AND y su tabla de verdad

Simplemente establece que si la entrada de un circuito AND es cero (cualquiera de las entradas o ambas) entonces la salida es cero. Todas las entradas para un circuito AND deben ser 1 para que la salida sea 1, debe notarse que una función AND puede tener más de 2 entradas.

Otra función en lógica Booleana es la función OR, el símbolo eléctrico y su tabla de verdad de esta función se ilustran en la fig. 1-8. La función OR tendrá un valor de verdad 1 si una o ambas salidas son verdaderas (1). La fig. 1-9 muestra un esquema de la función OR en lógica de relés.



fig. 1-8 función OR

Tabla de verdad OR

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

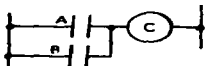


fig. 1-9 función OR con relés.

La última función Booleana es la función lógica NOT en esta si un (1) es la entrada; un (0) es la salida y si un (0) es la entrada, un (1) es la salida como se muestra en la fig. 1-10. La función NOT es también denominada inversor y es lo mismo que un complemento binario.

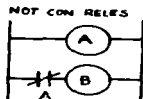
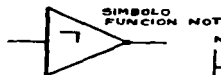


TABLA DE VERDAD

A	B
0	1
1	0

FIG. 1-10 Función lógica NOT

Con los relevadores; la función NOT se cumple con contactos normalmente cerrados (NC), cuando el relé de control A es desenergizado (Relé NC se abre al energizarse) su contacto NC permitirá el flujo de corriente a B, de modo que el contacto NC causa que el relé B asuma el estado opuesto de el relé A. El uso de la lógica Booleana en PLC's puede ilustrarse con el siguiente ejemplo:

Una gran máquina ubicada en un taller debe encenderse y apagarse desde 2 locaciones diferentes; el operador tiene que poder cambiar el estado inicial de la máquina con cualquiera de los 2 switches.

Asumimos que cada switch tiene 2 posiciones (1 y 0) por conveniencia, los switches pueden identificarse con A y B se puede elegir cualquier posición como punto de partida cuando ambos switches estén en la posición 1, la máquina

esté en marcha.

Empezamos a resolver este problema, generando una tabla de verdad como la que se muestra en la fig. 1-11; el primer renglón muestra cuando ambos switches están en la posición (1), la máquina está en marcha. Las siguientes 2 entradas muestran que si una de las 2 (A o B) se cambia a la posición 0 la máquina debe detenerse, finalmente si un segundo switch se coloca en la posición (0) de manera que ambos sean ahora (0) la máquina se pondrá en marcha nuevamente. Estableciendo en palabras la tabla de verdad tenemos que:

Si (El switch A está en la posición ON, AND el switch B está en ON) OR (El switch A está en OFF, AND el switch B está en OFF) la máquina está en OFF.

Podemos escribir la sentencia lógica en forma de ecuación, el punto (·) representa la función AND, el signo (+) representa la función OR y la barra arriba de las letras establece la función NOT:

$$(A \cdot B) + (\overline{A} \cdot \overline{B}) = M$$

El paso siguiente en el proceso de traducción de la tabla de verdad y la ecuación es un diagrama de escalera, se muestra en la fig. 1-12 que representa el circuito que puede desarrollar la función deseada.

A=1	B=1	M=1
A=0	B=1	M=0
A=1	B=0	M=0
A=0	B=0	M=1

fig. 1-11 Tabla de verdad



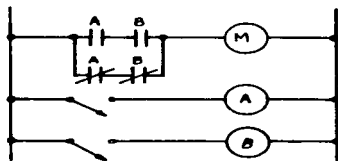
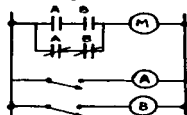


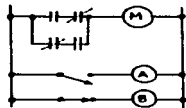
Fig. 1-12 Diagrama de escalera para la máquina de 2 switches.

Analicémos que sucede en cada caso según la tabla de verdad de la fig. 1-11. La posición cerrado implica (1) y la posición abierto implica (0).

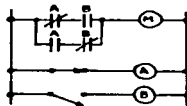
**ENERGIZADA**



Si  $A=0$  y  $B=0$ ,  $M=1$

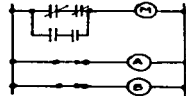


Si  $A=0$  y  $B=1$ ,  $M=0$



Si  $A=1$  y  $B=0$ ,  $M=0$

**ENERGIZADA**



Si  $A=1$  y  $B=1$ ,  $M=1$

## **2** DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

### DEFINICION DE LOS DISPOSITIVOS I/O

Un dispositivo I/O es cualquier pieza de equipo que inter cambia señales con un PLC, específicamente, los dispositivos de entrada son aquellos que envían señales al PLC, y los de salida reciben señales del PLC. Los dispositivos de salida responden a las señales que reciben y cambian según aspecto de su ambiente operativo.

Cada dispositivo de entrada ( transductor ) puede diseñarse para operar bajo el principio de transformar una que representa una variable física, una señal eléctrica, estas señales pueden ser temperatura, movimiento mecánico, presión posición de un switch, etc.

Algunos transductores o sensores se interfazan fácilmente al PLC y simplemente requieren un cambio por el cual puedan enviar sus señales, otros son más complejos y necesitan conectarse a través de un módulo de interfase para propósitos especiales.

Los dispositivos de salida típicos son arrancadores, actuadores, válvulas, luces indicadoras y relevadores de estado sólido, de hecho, estos son los dispositivos que realizan los trabajos, al procesador y la memoria funcionan como el cerebro de un PLC, función de un sistema I-O es transferir una condición o modular señales entre los dispositivos de

entrada y el PLC y entre éste y los dispositivos de salida

La fig. 2-1 muestra cómo enlazan las entradas y salidas al procesador.

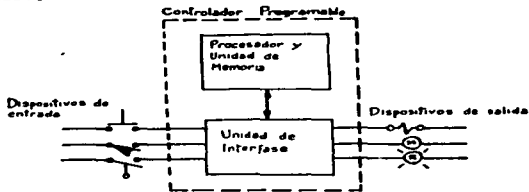


fig. 2-1 Arreglo funcional de componentes de un PLC

#### INTERFACE I/O

Más que un simple grupo de cables y conectores, la interfase I/O es una pieza compleja de equipo, se compone de módulos individuales, cada módulo tiene su propio circuito electrónico.

Los módulos I/O se instalan dentro de un compartimento denominado Rack I/O.

Cualquier módulo puede extraerse del rack y reemplazarse fácilmente, la fig. 2-2 muestra un módulo de salida (OUTPUT MODULE) típico que es básicamente un circuito impreso con los componentes electrónicos usuales y una terminal de ensamble que se aloja en la esquina frontal del circuito impreso.

Los dispositivos I/O se alambra a este ensamble de termi

nales, contiene también luces indicadoras de estado (LEDs) que indican si alguna entrada o salida está en ON/OFF.

En el borde interior del módulo, se localizan los conectores de borde del tablero identificados con sus correspondientes pines para evitar la inserción accidental de un módulo - en una ranura equivocada, para ello se instalan tarjetas de guía en la parte inferior del gabinete indicando la manera de instalar cada módulo I/O en su posición.



#### MODULO DE ENTRADA.

Cada tipo de módulo de entrada tiene su propio circuito de estado sólido para acondicionar la señal de acometida y hacerla manejable por la unidad de procesamiento. Algunos módulos están diseñados para reducir los niveles de tensión de campo, otros para amplificarla, para digitalizar la señal o para rectificarla si es que está en CA, es decir que cada tipo de módulo de entrada se construye para un propósito específico.

Ejemplos:

1.- MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL.

Es un tipo de módulo que se puede poner en interfase con un circuito de 120 a 240 VCA, en este circuito puede haber un SWITCH de límite, un control de ARRANQUE-PARADA de un motor o un switch de flotados.

El módulo de entrada necesita resistores para dividir la tensión hacia los niveles lógicos de los PLC (5 a 12 VCD) y un puente rectificador para convertir la acometida de Ca en CD, en decir un circuito como de muestra en la fig. 2-3.

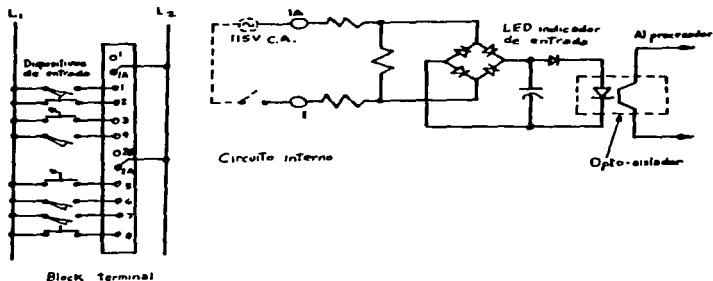


fig. 2-3 Módulo de entrada con circuito muestra.

También se muestra el alambrado a tablillas terminales cada una de estas terminales de campo tiene su propio circuito, las marcadas con "A", son comunes para cada grupo de 4 entradas.

## 2.- MODULOS DE ENTRADA ANALOGICOS

Muchos dispositivos sensores (de temperatura, velocidad presión y posición mecánica) envían señales variables de tensión llamadas señales Analógicas (ANALOG SIGNALS) para que estas sean útiles al PLC deben digitizarse, haciéndoles pasar por un Convertidor Analógico Digital (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER) estos dispositivos responden a voltajes variables produciendo señales binarias o BCD de valor variable, mientras mas alto sea su voltaje de respuesta; mayor es el valor absoluto de la señal binaria enviada al exterior por el Convertidor.

En la fig. 2-4 se muestra un diagrama esquemático del Sistema General de Adquisición de Datos, donde el Convertidor Analógico digital representa la etapa de conversión.

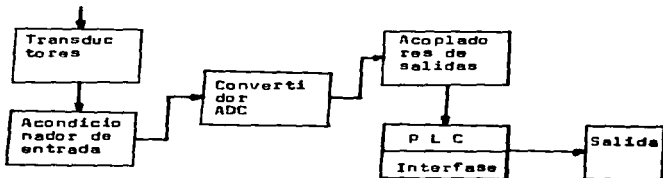


fig. 2-4 Sistema General de Adquisición de Datos

El sistema de adquisición de datos consta de 3 etapas.

- 1.- La etapa de ENTRADA, que consta de transductores apropiados y los circuitos acondicionadores de señal (Amplificadores, filtros etc.).
- 2.- Una etapa de conversión de señal, la cuál convierte la señal de entrada en un voltaje y a continuación la expresa en forma digital.

La conversión a forma digital se efectúa cambiando la señal de voltaje a una señal de frecuencia, la cual a su vez se utiliza para activar circuitos contadores electrónicos.

La conversión es esencialmente un proceso modulador de frecuencia.

Una etapa de salida, la cual maneja la señal digital para su registro y manejo a través de circuitos de acoplamiento.

Entre otros tipos de módulos de entrada están los TTL, BCD y módulos de entrada con contador de alta velocidad (high speed counter).

Los módulos TTL (Transistor-Transistor Lógico) manejan entradas de CD de bajo nivel provenientes de otros instrumentos y controles de estado sólido. Este tipo de módulo puede ser realmente simple ya que las señales de acoplamiento o acometida ya son digitales y del rango de 5VCD.

Los módulos de entrada BCD se utilizan primordialmente para conectar switches giratorios al sistema, estos permiten al operador alimentar valores numéricos manualmente al PLC, los switches giratorios envían los valores en forma de números BCD.





Existen módulos para controlar circuitos en CA y CD los módulos de salida analógicos (analog output modules) cambian señales digitales de 12 a 16 bits provenientes del PLCn en voltajes variables para poder ser utilizados por los dispositivos de salida analógicos.

Los módulos de salida tipo relé de lengüeta (reed relay output) contienen pequeños contactos tipo lengüeta en lugar de los tracs y transistores de estado sólido utilizados en otros módulos de salida.

Los módulos de salida en estado sólido tienen una pequeña fuga de corriente que puede activar un dispositivo de salida sensitivo incluso cuando el módulo está desactivado (OFF state). Los módulos reed relay no tienen fugas de corriente y son útiles en aplicaciones de switcheo en bajas corrientes y tensiones.

Otros módulos de salida especiales incluyen el secuenciador de control de motores, el módulo de diálogo de salida el cual proporciona la salida en forma de mensajes de voz y los módulos de salida TTL que controlan a los dispositivos de salida de estado sólido que trabajan a 5 VCD.

Un problema encontrado al conectar los dispositivos TTL al módulo de entrada o salida es el "fanout" que se define como el número de cargas que un dispositivo TTL puede manejar. Típicamente, un módulo de estos puede manejar cerca de 10 dispositivos TTL, así que el fanout se dice que es

10, cuando se excede la ratificación o valor nominal del fanout, se descompone el sistema.

#### EL OPTO/AISLADOR (OPTO-ISOLATOR)

Los niveles de tensión en el alambrado de campo en los módulos de entrada y de salida de un PLC pueden ser mucho más altos que los voltajes del TTL que utiliza el controlador las corrientes externas son generalmente alternas mientras que las internas son siempre CD. Esta situación requiere que los módulos de I/O proporcionen una separación eléctrica de seguridad entre los circuitos internos y externos.

Mediante el uso de los opto-aisladores se logra un aislamiento consistente en el uso de un LED y un FOTOTRANSISTOR

En un módulo de salida el led se conecta al PLC del lado del circuito de salida y el fototransistor se conecta a la carga externa. Cuando se utiliza para aislar un circuito de entrada, el opto-aislador se invierte, esto es, el fototransistor se conecta a los circuitos lógicos del PLC.

Cuando es energizado por el PLC, el led emite luz, que es sensed por el fototransistor el cual permite entonces que la corriente fluya desde su colector a su emisor, el resultado es un cambio de estado en la salida, debido a la separación física del led y el fototransistor se consigue que el circuito de control este aislado del circuito controlado

#### DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Switches.- El tipo más común de un dispositivo de entrada

del mundo real es el switch, un gran número de diseños se utilizan en los sistemas de control, en la fig. 2-6 se muestran algunos tipos. Un switch es básicamente un dispositivo

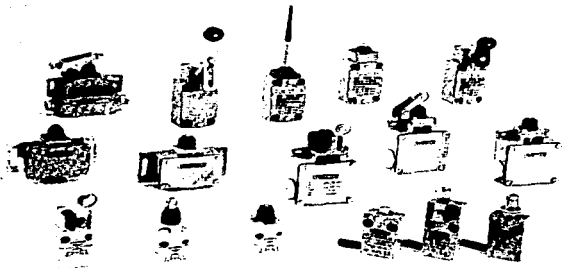


fig. 2-6 Algunos dispositivos industriales de entrada.

para abrir o cerrar un circuito eléctrico, no obstante que su aplicación es simple, pueden presentarse algunas complicaciones cuando se pone en interfase con un PLC. Muchos switches se clasifican como de "contacto seco" (dry contact) estos manejan corrientes muy pequeñas y pueden requerir de materiales de contacto especiales tal como un baño de oro para evitar la corrosión de la superficie y mantener una alta conductividad entre contactos. La mayoría de los sistemas los energizan con una fuente de potencia externa usual -

mente de 115 VCA.

#### SENSORES OPTICOS (OPTICAL SENSORS)

Otro tipo de dispositivos de entrada presente en muchas aplicaciones en las instalaciones industriales, van desde simples fototransistores hasta complicados detectores de imagen, todos estos dispositivos de estado sólido utilizan algún tipo de transistor en sus circuitos internos.

Debido a que todos los transistores son actualmente sensibles a la luz, un fototransistor es nada más que un transistor normal con su cubierta opaca reemplazada por una placa transparente. La fig 2-7 muestra un dibujo esquemático de un circuito de entrada de un fototransistor típico

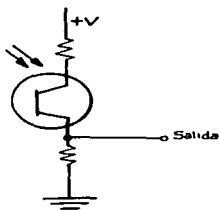


fig. 2.7 Circuito fototransistor típico

Cuando la luz impacta sobre el fototransistor, la corriente fluye por el Emisor-Colector y se desarrolla una caída de tensión, la magnitud de esta caída es proporcional a la intensidad de la luz. por lo tanto el voltaje de salida puede ser utilizado para indicar la cantidad de luz impactando al fototransistor.

Así que los detectores fotoeléctricos se componen esencialmente de un emisor de luz asociado a un receptor fotosensible, la detección de un objeto es efectiva cuando este se interrumpe. Hace variar la intensidad del haz luminoso.

La emisión se efectúa por un diodo electroluminiscente - que emite en un campo próximo al infrarrojo. La emisión modulada garantiza una alta inmunidad a las luces parásitas - así como una duración de vida prácticamente ilimitada para realizar la detección de objetos en las distintas aplicaciones, hay 3 sistemas básicos:

1.- Sistema de Barrera en donde el emisor y el receptor están separados como se muestra en la fig. 2-9

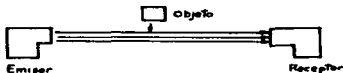


fig. 2-9 Instalación del sistema de barrera.

El sistema es el mejor adaptado para:  
Detección de materiales opacos y reflectantes.

- Entornos contaminados (lluvia, polvo, contaminación etc.)
- Largas distancias.
- Posicionamiento exacto y detección de objetos pequeños y contao de piezas.

Inconvenientes.

- No puede ser utilizado en la detección de materiales transparentes.

Los aparatos deben uno enfrente del otro y sus ejes ópticos confundidos. La fijación del emisor y el receptor debe ser robusta e indeformable.

2.- Sistema Reflex, en el que el emisor y receptor están en una misma caja, según se muestra en la fig. 2-9.



fig. 2-9 Instalación del Sistema Reflex



Este sistema es el mejor adaptado para:

- Aplicaciones en donde la detección es sólo posible de un lado.
- Instalación rápida y fácil, inclinación posible hasta 15 - grados del reflector respecto a la perpendicular del haz.
- Entornos relativamente limpios. Es el sistema mas utilizado en transportadores de cajas, cartones etc.

No puede utilizarse en:

- La detección de objetos contaminados, para la detección de objetos pequeños.

El reflector debe situarse en un plano perpendicular centrado en el eje óptico. La dimensión del reflector es función de la distancia de detección y de la dimensión del objeto a detectar.

Por regla general, utilizar el reflector de mayor dimensión compatible con las condiciones de aplicación. Para evitar riesgos de detecciones parásitas, se aconseja utilizar una detección en oblicuo cuando los objetos presentan cierto brillo.

3.- Sistema de proximidad. En este, el emisor y el receptor están en la misma caja, según se muestra en la fig. 2-10

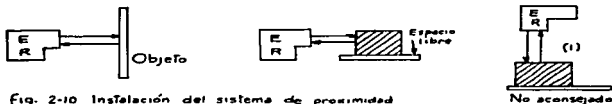


fig. 2-10 Instalación del sistema de proximidad  
(1) riesgo de activación permanente

Se utiliza para la detección de objetos transparentes o translúcidos (Tales como transportadores de botellas vacías Inconvenientes:

- Los alcances están en función del poder reflectante y del color del objeto a detectar.
- La influencia posible del entorno situado detrás del objeto a detectar.

- Debe evitarse su uso en entornos contaminados, en la detección de objetos pequeños y posicionamiento pequeño.

El objeto a detectarse debe encontrarse en un plano octagonal al eje óptico con el fin de conseguir un alcance óptimo.

El fototransistor puede ser utilizado para la entrada analógica o digital. Cuando se utiliza como dispositivo digital el PLC simplemente sensa si hay luz u oscuridad, cuando se utiliza como un dispositivo analógico, el fototransistor se puede usar para determinar la intensidad de la luz.

Si un sensor óptico se diseña para medir la intensidad de la luz, el voltaje de salida del circuito del fototransistor se alimenta a un convertidor analógico digital.

Los convertidores ADC transforman el voltaje en señales binarias de acuerdo a su magnitud, entonces el PLC mide la señal para indicar la cantidad de luz impactando la superficie del sensor.

Un tipo simple de sensor de luz utilizado también en los circuitos de entrada, se denomina fotodiodo (Photodiode).

Como el fototransistor, la luz que impacta la superficie fotosensitiva causa un flujo de corriente, la diferencia entre esto y el fototransistor es que este actúa como un amplificador de la señal de luz y el fotodiodo no tiene esta habilidad.



## SWITCHES DE LIMITE (LIMIT SWITCH)

Otro dispositivo común de entrada para PLC es el Switch de Límite, estos elementos se encuentran en lugares clave en casi todos los procesos que se desarrollan bajo un control automático.

Un switch de límite convierte el movimiento mecánico en una señal eléctrica de control, su principal función es limitar el movimiento usualmente por la apertura de un circuito de control.

El switch de límite es "actuado" por el contacto mecánico de un brazo actuador, existen 2 tipos de switches; los normalmente abiertos y los normalmente cerrados, su símbolo eléctrico se muestra en la fig. 2-11



Switch de límite N.O.  
(Normalmente abierto)



Switch de límite N.C.  
(Normalmente cerrado)

fig. 2-11 Símbolo eléctrico del switch de límite



fig.2-12 Switches de límite de Telemeccanica.

El switch de límite N.O. completa el circuito entre las dos terminales cuando éste es actuado y abre el circuito cuando se desactúa. El switch de límite normalmente cerrado abre el circuito cuando es actuado y completa el circuito cuando es liberado.

Los switches de límite se utilizan en aplicaciones de rutinas de control, pero también pueden utilizarse para evitar situaciones peligrosas, por ejemplo para proteger una máquina de que no exceda sus límites normales.

Un PLC puede programarse para desconectar una máquina cuando se ha alcanzado su límite, así advirtiendo posibles peligros humanos o daños a la propia máquina.

Existen muchos tipos de dispositivos de entrada que pueden alimentar datos a los PLC, lo más importante es que toda la información que se alimenta a partir de un sensor al PLC debe estar en forma de señales eléctricas. Aunque los switches son los dispositivos de entrada más comunes, hay otros productores de señales de entrada denominados Codificadores (Encoders).

#### CODIFICADORES (ENCODERS)

Los codificadores son dispositivos mecánico-eléctricos que reportan la posición mecánica de un objeto. El tipo más simple de codificador es el potenciómetro (Potentiometer).

El potenciómetro se alambra a un divisor de voltaje de modo que su escobilla extrae una señal de salida que es proporcional a la posición de la flecha. La fig. 2-13 muestra un potenciómetro configurado como un codificador y su esquema eléctrico asociado.

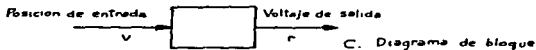
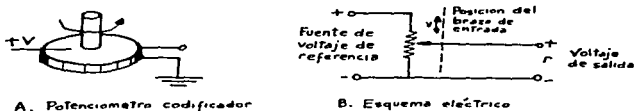


fig. 2-13 Potenciómetro codificador

En los sistemas automáticos de control, los potenciómetros como detectores de error tienen una aplicación esencial, por ejemplo, en un sistema de cadena cerrada para posicionar una carga, como se muestra en la fig. 2-1, se emplean un par de potenciómetros para detectar el error entre la posición real de la carga (salida) y la posición deseada.

La tensión de error  $e(t)$  que aparece entre las terminales del potenciómetro se amplifica y se aplica al motor para que este gire en un sentido tal que tienda a eliminar la señal de error.

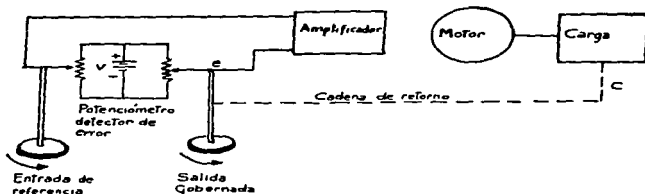


fig. 2-14 Sistema de cadena cerrada para posicionar una carga.

Los 2 tipos principales de potenciómetros codificadores son los de alambre enrollado (wire wound) y

y los de película (film) el wire-wound es el mas usado tradicionalmente, el de film es relativamente nuevo, en este una escobilla se mueve a lo largo de una delgada película conductora desarrollada alrededor de un núcleo semicircular no conductivo.

Como en cualquier dispositivo mecánico de contacto, ambos potenciómetros están sujetos al desgaste mecánico, la fricción entre los componentes deslizantes tiende a adelgazar la superficie de contacto, con el tiempo tanto el uso como la corrosión originan un funcionamiento desfavorable y el sensor o transductor debe cambiarse. Para prolongar su vida útil, los contactos de los potenciómetros deben protegerse de la contaminación y de los choques y la vibración.

Cuando están calibrados adecuadamente, los codificadores son muy precisos, sin embargo la salida es una señal analógica.

Para que se pueda usar por un PLC, la señal analógica debe convertirse en digital por medio de un ADC (Analog-to logic converter) localizado en el módulo de entrada.

Los codificadores también pueden clasificarse como rotatorios o lineales, como sugieren sus nombres, la diferencia entre los dos recae en el movimiento del elemento sensor.

En los codificadores rotatorios (rotary encoders) la flecha puede rotar revoluciones completas, la señal transmitida depende solo de la posición angular de la flecha.

Cuando el movimiento excede una revolución es necesario determinar en cuál revolución se encuentra el codificador a manera de que su posición absoluta pueda determinarse.

Los codificadores lineales sensan la posición de una cabeza lectora a lo largo de una pista lineal, en algunas situaciones, los codificadores lineales son mas precisos que los rotatorios ya que se elimina en estos, la necesidad de contar las revoluciones, rastrear la dimension lineal de una parte en una línea de producción, es una aplicación de un codificador lineal.

Hay otro modo de clasificar a los codificadores, esta basado en que si el elemento sensor y su colector son de contacto o no lo son (Contacting or non-contacting).

Todos los potenciómetros son del tipo de contacto, el elemento colector "escobilla" cotacta una superficie conductiva y produce una señal. La fuerza de la señal de voltaje es proporcional a la localización de la escobilla en la superficie.

Otro tipo de codificador de contacto tiene un disco con un patron de forma, hecho con una hoja metálica, las porciones no metálicas están aisladas de tierra, mientras las porciones del patron estan eléctricamente puestas a tierra.

Un grupo de escobillas de alambre-resorte energizadas barren el disco, convirtiéndolo en un switch rotativo,

alternativamente aterrizando y desaterrizando cada una de las escobillas, las cuales están unidas a un grupo de circuitos de señal correspondiente.

Un ejemplo de este tipo de disco codificador se muestra en la fig. 2-15 A

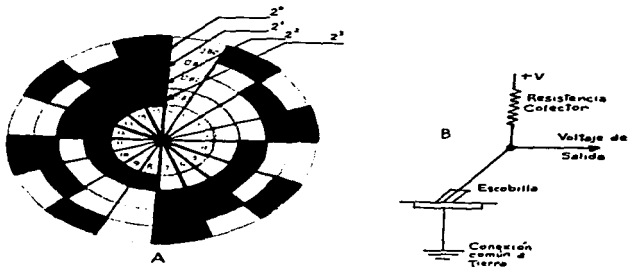


fig. 2-15 A Disco Codificador Rotativo  
B Esquema de conexión

Nótese que hay 4 círculos concéntricos en el disco donde

se posiciona la escobilla en cada uno de ellos, el estado del circuito conectado a cualquier escobilla particular depende de en que tipo de material este barriendo, cuando una escobilla esta en contacto con la película metálica el PLC censa cero volts, cuando barren una seccion no conductiva, el PLC lee un voltaje positivo. (ver fig. 2-15 B)

Los codificadores de NO-CONTACTO hacen uso de otros principios diferentes a la conducción eléctrica para reportar la posición mecánica, su ventaja principal es que se elimina el desgaste asociado con los codificadores de contacto.

Los codificadores de no-contacto pueden ser magnéticos y ópticos.

#### CODIFICADORES MAGNETICOS (MAGNETIC ENCODERS)

Estos dispositivos pueden tener una rueda similar a la mostrada en la fig. 2-15, sin embargo la rueda en este caso es magnética y en vez de tener escobillas de contacto el ensamble transductor contiene sensores magnéticos. El disco magnéticamente codificado rueda por entre los sensores impresos en el material magnético tienen regiones polarizadas (polarized domains) que señalan el estado ON/OFF a cada uno de los sensores, así las señales extraídas de la posición de la rueda pueden digitizarse.

#### CODIFICADORES OPTICOS (OPTICAL ENCODERS)

El codificador óptico detecta en movimiento del transductor al sensar el número de interrupciones en un haz de luz.



Utiliza una fuente de luz estable en un disco óptico y un banco de fotosensores (fototransistores o fotodiodos) en la fig. 2-16 se muestra un codificador óptico rotativo.

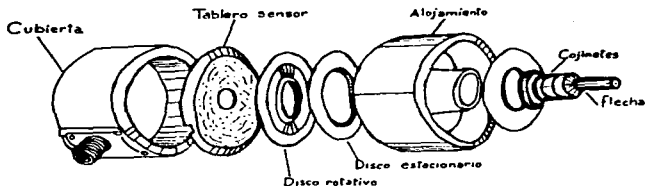


fig. 2-16 Codificador óptico rotativo

Los discos ópticos usuales se muestran en la fig. 2-17A y en la 2-17B, su diagrama electromecánico simplificado mostrando como opera el disco; cada uno tiene áreas opacas y transparentes usualmente arregladas en anillos concéntricos, uno por cada anillo, detrás de cada anillo está una

lámpara, mientras un área opaca se mueva frente a una lámpara, se interrumpirá una señal de los circuitos.

Los codificadores ópticos no sufren las desventajas de los de contacto, sin embargo estos discos están hechos de vidrio y pueden ser muy frágiles, puede lograrse extrema sensibilidad por medio de la reproducción fotográfica de líneas (Photographically etching lines) en el vidrio, o aplicando un enrejado de difracción (película plástica con líneas espaciadas microscópicamente) al disco. Ambos métodos producen líneas muy finas y espaciadas muy cercanamente que asistan en la detección del más ligero movimiento.

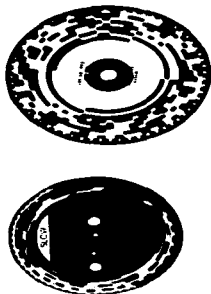


fig 2-17 A  
Disco Codificador  
Optico Rotativo

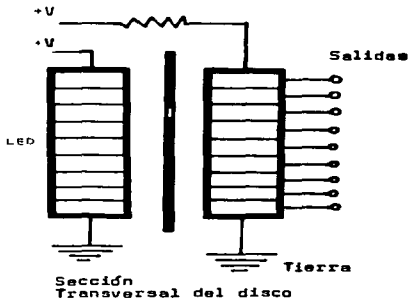


fig. 2-17 B

Los discos codificadores pueden ser ya sea incrementales o de salida absoluta. El disco codificador de contacto mostrado en la fig. 2-13 es del tipo "salida absoluta" ya que en cualquier momento dado, la posición absoluta de la flecha puede leerse directamente por el estado de las escobillas.

Un codificador incremental reporta solamente el cambio desde algunas posiciones previas.

El codificador incremental envía pulsos eléctricos al PLC, un pulso por cada línea que pasa por el sensor, en estos codificadores se requiere de circuitos externos para mantener una cantidad de corriente pulsante a manera de calcular la posición de la flecha.

Sin embargo el disco por sí mismo es más simple que un disco codificador absoluto debido a que el patrón de codificación consiste solamente en líneas radiales uniformemente espaciadas, como se muestra en la fig. 2-18

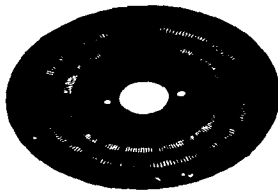


fig. 2-18 Disco Codificador Incremental

La simplicidad del disco codificador incremental permite que las líneas estén muy juntas, permitiendo a su vez una medición mas precisa de la posición de la flecha, sin embargo una interrupción de la energía eléctrica en el procesador puede causar que se pierda la posición identificada al perderse el conteo acumulativo de líneas en la memoria del PLC, para minimizar este efecto, muchos codificadores incrementales tienen una señal de referencia cero (zero reference signal) la cuál se genera por solo una posición particular del codificador.

Cuando se utilizan codificadores incrementales con PLC estos no podían detectar la salida del codificador lo suficientemente rápido para ver cada pulso generado. La función del circuito externo es mantener un conteo actualizado de pulsos de modo que ante la demanda, pueda proporcionar le al PLC la posición real absoluta del sensor.

Se ofrecen con un manejo de posicionamiento como subsistema para aliviar el control superior, con un posicionamiento rápido y exacto para ahorrar el trabajo de programación del PLC y para garantizar tiempos cortos de cambio en variaciones de posición, donde los puntos de paro, arranque y salidas auxiliares son totalmente programables, su conexión se muestra en la fig. 2-19

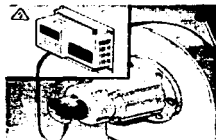


fig. 2-13 Conexión PLC-Encoder

#### DISPOSITIVOS DE SALIDA

Como se discutió en el capítulo 1, los relevadores electro magnéticos de control se diseñan de tal manera que sus circuitos controlados están eléctricamente aislados de su circuito de control. Esta característica de aislamiento hace que el relevador sea un dispositivo de salida ideal para un PLC, muy seguido es necesario que el PLC controle niveles de voltaje y corriente que le serían peligrosos, utilizando un relé como dispositivo de salida, el PLC mantiene la separación eléctrica.

Por ejemplo, puede requerirse que el PLC ponga en marcha una soldadora de arco donde se manejan altos amperajes de

arco entre el electrodo y la pieza a soldar, el arco puede crearse de unos cuantos amperes a miles de volts, o muchos amperes a muy bajo voltaje. Obviamente, tales niveles de energía, dañarían al PLC si se conectara directamente, así que el aislamiento proporcionado por un relevador electromagnético es absolutamente esencial.

Otro dispositivo de salida muy común es el solenoide que consiste en un circuito con una bobina de alambre rodeando un émbolo móvil. Cuando la bobina transporta corriente actúa como un electroimán y atrae al émbolo, esta acción permite controlar eléctricamente cualquier dispositivo mecánico unido al émbolo.

Los controladores de motores son dispositivos de salida amplia e importantemente utilizados en los sistemas PLC

Entre los mas comunes están los arrancadores magnéticos un PLC abrirá y cerrará el circuito de control monofásico del arrancador el cual a su vez abre y cierra los circuitos de potencia trifásico o monofásico.

Otros tipos de controles de motores se muestran en la fig. 2-20, denominados mandos de CA (AC DRIVES) pueden efectuar un comando vectorial de los motores de procesos controlando posición, velocidad, par etc. al enlazarse con un PLC.

Los AC DRIVES proporcionan flexibilidad de aplicación ya que están provistos con cuantiosas funciones de programación que permiten especificar las curvas de aceleración y para

tasas de aceleración y desaceleración, velocidades preestablecidas, saltos de frecuencia y mas vectores de control los drives pueden formar sistemas mayores al enlazarse con los PLC pudiendo establecer un diálogo, constituyendo sistemas de automatización.

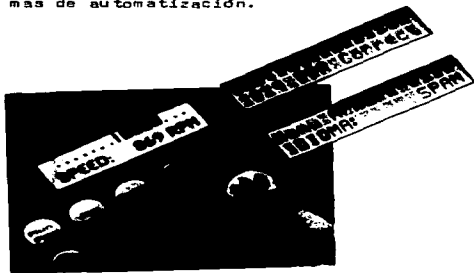


fig. 2-20 AC Drive flux Vector, UNICO Inc.

Los secuenciadores de motores (stepper motor) pueden facilmente controlarse por PLC y pueden usarse en aplicaciones donde se requiera una velocidad de flecha exacta o posicionamiento preciso.

Las máquinas herramienta numéricamente controladas, utilizan secuenciadores de motores de manera extensiva, ya que son dispositivos digitales no se necesita un codificador para senar la posición y el módulo de salida del PLC no

necesita elaborarse.

El control de un secuenciador de motor pueda lograrse por medio de un controlador/módulo de salida, este módulo envía pulsos al secuenciador para mandarlo a que se mueva a un número específico de pasos en una dirección específica.

El módulo puede también controlar la velocidad, tiempo de aceleración y desaceleración; los secuenciadores se utilizan donde se requiera un posicionamiento preciso.

Ciertos dispositivos de salida pueden controlarse directamente por un voltaje analógico proveniente de un módulo de salida analógica del PLC, por ejemplo un servo-posicionador de válvula usa variaciones en voltaje para controlar la razón de flujo de fluido, mas pequeños, los motores de velocidad variable pueden controlarse directamente por un PLC por medio de una señal analógica. Los servomotores pueden controlarse con un sistema de control de movimiento externo o por medio de un software para PLC que tome lecturas de la velocidad y posición del motor y comande que se alimente mas o menos corriente al motor.

Los relevadores de lengüeta y los de estado sólido son dispositivos de salida utilizados para la desconexión eléctrica de bajo nivel, las luces de advertencia e iluminación general pueden también controlarse por medio de un PLC, así mismo las alarmas y anunciadores pueden también como dispositivos de salida controlados directamente por un PLC para advertir a un operador de alguna situación anormal o condi



ción de urgencia, estos dispositivos se localizan normalmente en una consola de operaciones cerca de los operadores.

## SEGURIDAD

Una gran variedad de equipo controlado por PLC requiere de altos voltajes y corrientes, como resultado deben practicarse todo tiempo, procedimientos de seguridad eléctrica incluyendo la identificación plena de las fuentes de energía antes de trabajar con el sistema, herramientas aisladas cuando se trabaja en las inmediaciones de equipo de alto voltaje.

Si se está expuesto a un sistema de barras de alto voltaje, el área debe acordonarse con señales de peligro.

Cuando se trabaja con PLC siempre se debe tener en mente que estos pueden cambiar de ambiente, cuando se está probando un programa, se debe prevenir que piezas de maquinaria mayor pudieran moverse accidentalmente si una señal perdida se enviara a través del módulo de salida, muchos PLC con tienen en modo "Invalidación de Salidas" (Disable outputs) en el cual pueden simularse las salidas, cuando se reprograma el sistema el PLC debe estar en el modo HALT.

Antes de probar un nuevo programa o revisar un existente el usuario debe asegurarse de desconectar la energía a los dispositivos de I/O para protegerse a sí mismo y al sistema.

## CONTROLADORES DE MOVIMIENTO PROGRAMABLES (PROGRAMMABLE MOTION CONTROLLERS)

Un PLC puede acoplarse a un Comando de Velocidad Ajustable (Adjustable-Speed Drive) para constituir un control de movimiento ajustable PWC. Teniendo en cuenta que la regulación de velocidad es el porcentaje de cambio de la misma en la flecha de un motor producida por un cambio de Carga.

En un Drive SCR (Silicon Controlled Rectifier) con retroalimentación de armadura, el % de regulación es del orden de 1-2% de la velocidad del motor, esto se logra con la adición de un tacómetro acoplado al controlador, en estas condiciones el arreglo se denomina "de malla cerrada", esta técnica se utiliza en aplicaciones de posicionamiento, su aplicación depende del tipo de motores en planta, los cuales deben ser controlados a su vez por el Drive mas adecuado.

Los principios de operación de los Drives son los siguientes:

1.- Tipo DC SCR (De Corriente Directa con Control por Rectificador de Silicio) Este es el tipo de control mas simple y menos costoso, pero en motores mayores, el ahorro en el costo del Drive puede neutralizarse. En todos los controles SCR una entrada de CA se rectifica a CD por medio de un puente rectificador de onda completa tipo SCR. El número de variantes en la manera de lograr el control de velocidad es extenso, usualmente se alimenta una CD a la armadura del motor hasta el voltaje nominal, entonces dicho voltaje se varía hasta alcanzar

la velocidad deseada.

2.- Inversor VVVF. La velocidad de todos los motores de inducción de CA, varía directamente con la frecuencia de la CA con la que se alimenta al motor. La mayoría de los controladores inversores operan con en principio de Modulación del ancho de impulso (PWM) donde se sintetiza una aproximación de una corriente senoidal variando el ancho de los impulsos de CD en la sección del Inversor del Drive a la frecuencia seleccionada por el usuario. La velocidad y la corriente de arranque (inrush current) del motor son controladas variando el voltaje y frecuencia de alimentación, de aquí la designación VVVF "Variable Voltage, Variable Frequency, las cuales son variadas a una tasa fija pero algunos tipos tienen un amplificador de Torque característica que incrementa el voltaje a bajas velocidades.

3.- Corriente Directa sin escobillas. Un motor de CD sin escobillas tiene un estator similar al de un motor de inducción, excepto que tiene un rotor con imán permanente. La sección de potencia del controlador también es similar al del inversor. La posición del rotor se retroalimenta al control energizando en secuencia adecuada las bobinas del estator para repeler y atraer los imanes del rotor adecuados, de acuerdo a su polaridad.

En los diseños más simples este posicionamiento se logra con una rueda magnética y con sensores de efecto Hall. Los controladores más elaborados entregan mejor resolución y posicionamiento por medio de codificadores.

Comando Vectorial (Vector Drive). La sección de potencia del comando vectorial es también similar al del drive inversor pero con circuitos más complejos permitiendo que la corriente y voltaje del motor puedan variarse independientemente el torque máximo del motor se logra con un control suave de velocidad, desde cero hasta el límite superior del rango de velocidad de manera precisa. Para indicar la posición del motor debe utilizarse un codificador.

# 3

## FUNCIONES DE PROCESAMIENTO Y PROGRAMACION

### LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO

Las Unidades de Procesamiento en los PLC varían enormemente en tamaño y diseño, cada fabricante tiene su propio arreglo de componentes, haciendo difícil una en términos generales, sin embargo, todas las UCP deben desarrollar ciertas - funciones básicas, lo que nos permite describir ciertas características comunes.

En primer lugar, en la Unidad de procesamiento se deben acomodar las funciones de procesamiento, programación y las Unidades de memoria.

En la Unidad de Memoria se incluyen el almacenamiento de datos, instrucciones de programación, el procesamiento de datos que incluye también las funciones de exploración y ejecución de las instrucciones programadas.

La Unidad de Procesamiento debe proporcionar las facilidades para comunicarse con la Interfase I/O y el Usuario.

Si la asignación de control es muy complicada, el Procesador debe contar con una Unidad Aritmética.

En los PLC de gran tamaño, las Funciones de Procesamiento y Memoria están usualmente alojadas en Módulos individuales haciendo a la Unidad de Procesamiento, un diseño modular por sí misma, En sistemas de tamaño medio y pequeños; todos los componentes residen en un solo módulo, la fig. 3-1 muestra

algunos modelos.

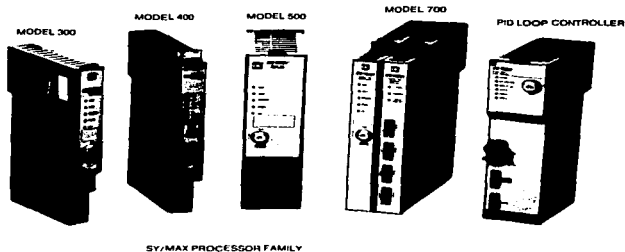


fig. 3-1 Algunos Procesadores SY/MAX de Square D.

Más allá de su apariencia física; las Unidades de Procesamiento comparten algunas características especiales que son fácilmente reconocibles, por ejemplo siempre tienen instalados dos LEDs indicadores de estado, puertos de comunicación para recibir señales de la Unidad de Programación y otros dispositivos Periféricos (dispositivos accesorios) la mayoría tienen también instalados los controles para seleccionar los modos RUN, HALT o DISABLE OUTPUTS.

Dentro del módulo del procesador encontramos una serie de paneles con circuitos de memoria, un microprocesador y los circuitos necesarios para intercomunicación.

cómo estén arreglados los Módulos I/O en Rack y de cuales registros estén asignados en el mismo). El Status de cada dispositivo I/O se almacena ya sea con un 1 o con un 0, que indican ON/OFF, requiriéndose solo de un bit para indicar el status de un dispositivo. Por ejemplo, refiriéndonos a las dos locaciones indicadas en la fig. 3-2, si el estado de la entrada es ON, con dirección 04-12 y los otros dispositivos asignados al Registro 04 están en OFF, dicho Registro tendrá el siguiente Patron:

0000100000000000

En esta expresión de registro se inicia con el bit 01 a la derecha, continuando hasta el bit 16 a la izquierda.

TABLA DE REGISTRO EN LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO

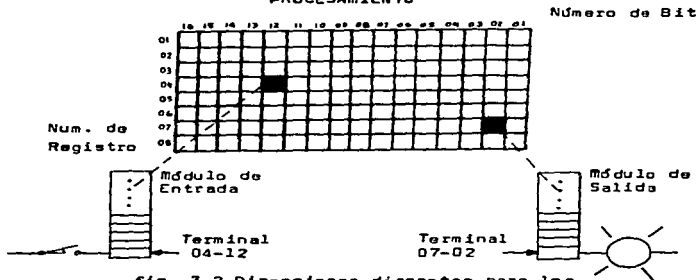


fig. 3-2 Direcciones discretas para los dispositivos I/O.

Del mismo modo, si el dispositivo de salida 07-02 de la fig. 3-2 esta en ON y todos otros Dispositivos del Registro 07 estan en OFF, dicho Registro tendrá el siguiente Patron:

0000000000000010

#### MEMORIA DE USUARIO

La Memoria de Usuario es la sección de Memoria que se programa por el mismo Usuario para desarrollar Funciones de Control específicas, sirve como eslabón de conexión entre el Registro de Entrada y el de Salida, como se muestra en la fig. 3-3. La Memoria de Usuario se denomina también como Memoria de Escalera ó Lógica.

La Memoria de Usuario es mayor que la Tabla de Registro de un 75 a 90% de la capacidad total de memoria.



fig. 3-3 flujo de comunicación de Memoria.

#### EL PROCESADOR EN OPERACION

No solo la Unidad de Procesamiento tiene sus componentes perfectamente ordenados, tambien sus funciones se desarrollan igualmente ordenadas, el Procesador usualmente desarrolla una secuencia de autodiagnóstico para asegurarse que todos sus sistemas esten funcionando, si no es así se encien



de una luz indicadora en el area de falla.

Después de autochecharse, el Procesador explora los registros de Entradas para determinar el estado de cada una de ellas, checa los contactos abiertos y cerrados (1s y 0s) y lleva esta información al siguiente paso, ejecutando el programa de Usuario.

Por medio de la exploración del programa de Usuario, el PLC determina cuales arreglos de salida deben ejecutarse.

Continúa entonces leyendo los registros de salida para ver si los arreglos actuales cumplen con las condiciones deseadas, si no, el PLC restablece los bits de salida tal y como indique el programa de Usuario.

Esto causa que los módulos de salida se activen o desactiven a los dispositivos de salida, después de que las salidas están arregladas, el ciclo se repite, entonces el PLC re-explora el registro de entrada para identificar cambios y volver a ejecutar el programa de Usuario, explora la tabla de Registro y así sucesivamente. El ciclo completo se ejecuta en tan solo unos milisegundos. El resultado es un monitoreo continuo de entradas y ajuste de salidas.

#### **DIAGRAMAS DE ESCALERA**

Aunque las configuraciones de memoria de un PLC varían en diseño entre fabricantes, la mayoría de las memorias de Usuario se arreglan para recibir instrucciones en la misma forma en términos generales.

Como puede apreciarse, los símbolos en los 2 tipos de escalera quieren decir 2 cosas diferentes. Cada contacto y cada relevador en una escalera alamburada, corresponden a las locaciones en los registros de entrada o salida, aunque parezca extraño, no hay bobinas de relevador reales, el símbolo de relevador representa meramente un bit en un registro (Un bit que puede arreglarse para estar en ON/OFF durante la ejecución del programa de Usuario). Cada escalón en un diagrama de escalera es un grupo de instrucciones para PLC; estas instrucciones le dicen que hacer en respuesta a el Status de un grupo dado de instrucciones de entrada (Contactos). La fig. 3-4 muestra el escalón particular de un programa que instruiría la salida de la fig. 3-2, para responder a su entrada particular.

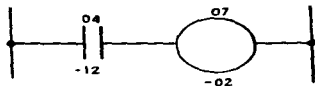


fig. 3-4 Peldaño en Memoria de Usuario para la fig. 3-2.

#### SÍMBOLOS DE PROGRAMACION MAS UTILIZADOS

Los símbolos mas comunmente usados en la programación de un PLC son los contactos, aparte de las instrucciones mnemotécnicas que son una contracción de sentencias lógicas en inglés, tales como WAIT IF LOW, SET OUTPUT, JUMP, START, etc de algunos modelos, es útil también pintar las rutinas y -

Sin importar el tipo de dispositivo de programación; los comandos de control se almacenan en la Memoria de Usuario - por medio de la lógica de relevadores en escalera, esto es en lugar de fórmulas complicadas de lenguajes de computación e informática, estos responden ya sea a instrucciones simples de diagramas de escalera o a Códigos Booleanos.

Un diagrama de escalera, no es nada mas que una matriz o red (Network) de rutas de potencia disponibles para una o mas salidas eléctricas. Las 2 líneas verticales representan el bus principal, mientras que los escalones representan - una red de contactos y relevadores alambrados convenientemente (Hard-wired). En la programación de PLCs, el diagrama de escalera continúa siendo una forma manual de trazar un programa, sin embargo, solo representa la relación lógica entre componentes, no la conexión real de los dispositivos alambrados. Una comparación de componentes alambrados y un diagrama de escalera de PLC se muestra en la tabla 3.1


	Conexión lógica en Campo	Programación en PLC
Diagrama de Escalera	Muestra el plan de alambrado de componentes	Ayuda en la programación.
Símbolos : Líneas verticales Peldaños 	Bus principal Circuitos derivados Contactos Relevadores Electromecánicos	Inicio y final de peldaños. Grupos de instrucciones. Direcciones de dispositivos I/O. Direcciones en registros de Salida.
Implementación	Conexión de cables según Esquema de alambrado	Símbolos de Teclas en el dispositivo de programación

Tabla 3.1 Comparación Diagrama de Escalera, lógica de campo y programación en PLC.

Sin importar el tipo de dispositivo de programación los comandos de control se almacenan en la memoria usualmente usando la lógica de reveladores en escalera, esto es, en lugar de fórmulas complicadas de lenguaje de computación ellos responden ya sea a instrucciones simples de diagramas de escalera o códigos Booleanos.

Un diagrama de escalera no es nada más que una matriz o red (network) de rutas de potencia disponibles para una o más salidas eléctricas. Las dos líneas verticales representan el bus principal mientras que los escalones representan una red de contactos y reveladores alambrados (hard-wired)

En la programación de PLCs, el diagrama de escalera continúa siendo una forma manual de trazar un programa, sin embargo el diagrama de escalera representa únicamente la relación lógica entre componentes, no la conexión real de los componentes alambrados.

Una comparación de componentes alambrados y un diagrama de escalera de PLC se ilustra en la tabla #3.1 como puede verse, los símbolos en los dos tipos de escaleras quieren decir 2 cosas diferentes. Cada contacto y cada revelador de una escalera alambrada, por ejemplo, corresponden a las locaciones en los registros de entrada o salida, aunque parece extraño, no hay bobinas de revelador reales en un PLC

El símbolo de revelador meramente representa un bit en un registro - un bit que puede arreglarse para estar en ON OFF durante la ejecución del programa de usuario.

subrutinas en el programa de usuario a través de Diagramas de Flujo y Funcionamiento, para visualizar las instrucciones de programación más convenientes al Usuario. Veamos algunos ejemplos. Como se vio en el Capítulo 1; hay 2 símbolos diferentes utilizados para representar contactos; uno para el N.O. y otro para el N.C. Estos símbolos de contactos pueden representar un dispositivo de entrada o un contacto de una bobina de salida. Una forma más conveniente de visualizar los contactos de un programa de Usuario es pensar en ellos como Comandos de examinación de programas de PLC, (EXAMINE ON EXAMINE OFF).

El símbolo N.O. es una solicitud para activar la examinación (EXAMINE ON) y un símbolo N.C. desactiva la examinación (EXAMINE OFF). Se otorgará un OK condicional o TRUE a aquel contacto si el PLC encuentra la condición del bit requerida.

Si el PLC encuentra una condición TRUE para suficientes contactos en el peldaño a manera de formar un camino continuo del lado izquierdo al extremo derecho del peldaño, el bit de salida se pone en ON, cualquier ruptura en la cadena de condiciones TRUE, causa que la salida se ponga en OFF. Esta lógica también se consigue mediante proposiciones lógicas en un diagrama de flujo. En la tabla 3.2 se muestra un resumen de los comandos EXAMINE ON y EXAMINE OFF.

Contacto	Símbolo	Instrucción al PLC	Condición de continuidad
NO	— —	EXAMINE ON	1 (ON)
NC	— /—	EXAMINE OFF	0 (OFF)

Tabla 3-2 funciones de instrucción EXAMINE ON y EXAMINE OFF.

La bobina en un peldaño no es realmente una bobina sino que el símbolo usado para representar una locación en un registro I/O.

La bobina de salida recibe un "1" lógico en su respectiva dirección de salida solamente cuando existe continuidad en el peldaño en el que está localizado. Cuando se rompe el camino lógico continuo del escalón, la bobina energizada cambiara a un 0 lógico o estado OFF.

La bobina de salida en un peldaño de un PLC puede representar un dispositivo real de salida o un revelador equivalente (relay equivalent) que es simplemente una dirección dentro del PLC que se vuelve OFF/ON después de que el peldaño controla su bobina. Los contactos con la misma dirección como el revelador equivalente puede utilizarse

en otros peldaños en el programa y estarán en ON/OFF dependiendo del estado de la bobina del revelador.

#### EJEMPLO DE ESTACION ARRANQUE PARO

Para dar una idea de como dos de estos símbolos se usan en un programa de usuario de PLC. Consideremos una estación de control arranque-paro de un motor. Una caja con botones pulsadores arrancar/parar contiene dos switches: Un switch de arranque START normalmente abierto y un switch de paro STOP normalmente cerrado. Al pulsar el boton de arranque se hace un circuito al motor, al presionar el boton de paro se rompe a este circuito.

No obstante se involucra también un circuito manual normalmente cerrado, el programa entero para este control de motor puede construirse sin utilizar un contacto NC en el diagrama de escalera, en la fig. 3-5 se muestra como el contacto 106-01 representa el switch de paro y el 106-02 el de parranque, la dirección de salida es el relevador etiquetado 106-08.

El contacto 106-04 es el botón de emergencia de paro o "botón de pánico" en la máquina, aunque alambrada directamente a la fuente de potencia del motor, también desactiva el peldaño del motor en el programa.

Ahora estamos listos para ver como trabaja el programa; como se describe en el programa, siga tanto al diagrama de escalera como a la caja de estado de bits en la fig. 3-5 (colamento los primeros 8 bits de registro 106 están dos) Se pueden sensar cuatro diferentes condiciones con esta simple estación de arranque-paro de PLC. Estas condiciones se denominan Etapa 1, Etapa 2, Etapa 3 y Etapa 4.

## ETAPA 1: ENERGIZADO PERO EN OFF

Una vez que se energiza el sistema, el PLC examina el programa, examina todos los contactos en el programa para localizar una condición ON. Los únicos contactos hechos o en condición ON o TRUE (verdaderos) es el switch STOP y el de emergencia consecuentemente el status del bit para esta condición es un (1) en el bit # 1 y en el bit # 4 como se muestra en la caja de la fig. 3-5.

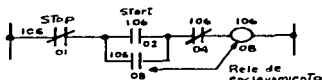


fig. 3-5  
Peidano del  
Programa y  
Status de los  
bits.

A. Energizado pero OFF							
8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	1	0	0	1

B. Botón de arranque oprimido							
8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	0	0	1	0	1	1

C. En marcha							
8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	0	0	1	0	0	1

D. Botón de paro oprimido							
8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	1	0	0	0

E. Botón de paro liberado							
8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	1	0	0	1

## ETAPA 2: EL BOTON DE ARRANQUE OPRIMIDO

Seguido, el botón START ha sido oprimido, el PLC examina los bits de entrada para localizar una condición ON y encuentra que 01, 02 y 04 están en ON. Esto complementa el camino lógico o de potencia hacia la salida, 106-08. Cuando el bit de salida se pone en ON, el PLC reconoce al ON por el contacto con la misma dirección (106-08 en el circuito ramal o derivado) y el PLC lee una sentencia



TRUE o (1) en los cuatro bits 01, 02, 04 y 08.

#### ETAPA 3: EN MARCHA

Cuando el botón de arranque se libera, el status del bit del contacto 02 regresa a (0) pero el relevador de salida mantiene continuidad en el circuito hasta el circuito o contacto 08, así que el motor continua en marcha, los bits 01, 04 y 08 son (1).

#### ETAPA 4: Boton de PARO OPRIMIDO.

Al presionar el botón de paro STOP, causa que el PLC lea un cero en el bit 01, así el circuito se interrumpe, se cae la salida 08 y todos los contactos excepto 04 son leídos como (0) esta condición existe hasta que se libere el botón STOP, entonces el PLC "lee" el mismo patrón que vio en un principio.

#### OTROS SIMBOLOS DE PROGRAMACION

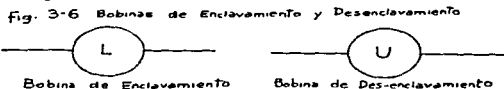
Otros dos símbolos encontrados en los programas de usuario se muestran en la fig. 3-6, se trata de las salidas de relevador latch y unlatch (anclado y desanclado) se usan cuando un circuito debe mantenerse ya sea en un estado abierto o cerrado ante un pico de corriente de corta duración representado por un comando, por ejemplo cuando el peldaño contiene una bobina de anclaje alcanza su condición TRUE la salida asociada con el anclaje (latch) se vuelve ON.

Una vez anclado la salida permanece energizada aun si se rompe la continuidad.

Trabajando en forma opuesta con la bobina de enclavamiento o anclaje esta la bobina de des-enclavamiento .

Cuando el peldaño que contiene la bobina de desenclavamiento esta momentáneamente en condición TRUE, la misma salida originalmente accionada (en ON) por el enclavamiento, será puesta en OFF, permanecerá en esta posición hasta que otra señal de disparo energice a la bobina de enclavamiento.

El siguiente ejemplo ilustra el uso de las bobinas de enclavamiento y des-enclavamiento:



Una máquina (fig. 3-7) tiene 2 switch de límite que restringen y ponen en reversa su marcha o viaje; cuando la máquina llega a la posición 1, cierra los contactos del switch de límite # 1, el PLC lee el switch de límite como ON y energiza a la bobina de enclavamiento, a su vez energiza un circuito de salida que pone en ON un motor eléctrico que comanda la máquina lejos de la posición 1, adelante de la posición 2, el switch de límite 1 abre momentáneamente, la máquina deja la posición 1, pero en vista de que la salida está enclavada, el motor continúa en marcha.

Cuando la máquina alcanza la posición 2, momentáneamente -  
 cierra los contactos del switch de límite 2 y al PLC regis-  
 tra continuidad hacia la bobina de desenclavamiento que se  
 energiza de forma instantánea, la bobina de desenclavamien-  
 to interrumpe el circuito del motor y este se vuelve a la  
 posición OFF. Alguna otra fuente de potencia ( en este ca-  
 so la fuerza de gravedad) regresa a la máquina a la posi-  
 ción 1 donde el ciclo se reinicia.

El diagrama de escalera para este patrón de control se -  
 muestra en la fig. 3-7.

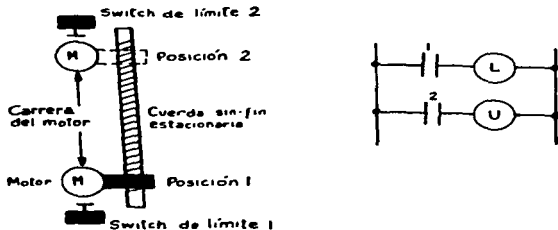


fig. 3-7 Ejemplo utilizando las bobinas de enclavamiento y  
 desenclavamiento.

#### TEMPORIZADORES Y CONTADORES.

Un contador se usa para activar una salida después de de-  
 terminando número de conteos mientras que un temporizador ac-  
 tiva una salida después de cierto tiempo transcurrido.

Los TIMERS (temporizadores) y COUNTERS (contadores) requi-  
 eren espacio adicional de memoria en el PLC.

Asociado con cada contador esta un registro para almacenamiento del conteo acumulado de valores, del mismo modo cada temporizador utiliza un registro para almacenar el tiempo transcurrido.

La fig. 3-8 muestra los formatos especiales utilizados para programar contadores y temporizadores, estos peldaños consisten en una caja en la cual la información del Temporizador o Contador se accesa cuando se programa el peldaño.

Hay tambien líneas de control que guían hacia la caja donde pueden ubicarse los contactos para controlar el temporizador o el contador.

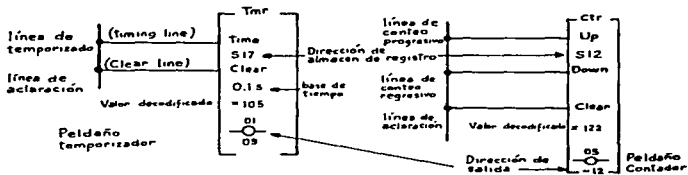


fig. 3-8 Peldaños de Temporizador (Timer) y Contador (Counter)

La información en la caja del temporizador de la fig. 3-8 indica lo siguiente: El Temporizador fue programado para usar el registro 17 (S17), este avanzara en el tiempo en incrementos de 105.

tos de un décimo de segundo (0.1s), el valor decodificado es 105 el cual significa que el Temporizador accionará su salida a 105 décimas de segundo (o 105 segundos) después de que ha sido activado, la dirección de la salida es 01-09

Las dos líneas de control en el peldaño del temporizador son una línea de tiempo y la línea de cero. Pueden programarse uno o más contactos en estas líneas de control del Temporizador, debe haber continuidad en ambas líneas para que este opere, si se rompe la continuidad el Temporizador se detendrá (HALT) reteniendo su último valor, si se interrumpe la continuidad en la línea de restablecimiento o borrado (CLEAR) el registro de tiempo se limpiará, es decir se restablecerá a valor cero.

Las líneas de control del Temporizador pueden por lo tanto compararse con dos botones operadores, una para arrancar y la otra para detener un dispositivo y otro de restablecimiento.

El formato de programación de los contadores es similar al de los temporizadores, la caja del peldaño del contador se muestra en la fig. 3-8.

Ha sido programado para usar el registro 12 (G12) para almacenar el conteo, el valor decodificado es 122, lo que significa que cuando el valor en el contador es 122, la salida del contador se accionará (TURNED ON) la dirección de la salida es 05-12.

Como en la caja del Temporizador, la del contador tiene asociadas líneas de control en las que pueden programarse los contactos, cuando se interrumpe en la línea de CLEAR el valor en el registro del contador se reestablecerá a cero.

El contador tiene también una línea de conteo progresivo (Up count line) y una línea de conteo regresivo (Down count line) cuando se establece continuidad en la línea de conteo progresivo, el valor del registro en conteo se incrementa en uno pero solo en uno, para registrar otro conteo, debe interrumpirse la continuidad y establecerse otra vez.

La línea de conteo regresiva es similar excepto que cada que la continuidad se establece, el valor del conteo decrece en uno.

No importando en que línea de contador estemos, estos pueden programarse de tal manera que solamente cuente de manera progresiva o solamente de modo regresivo, si tuvieramos que contar productos terminados saliendo de una línea de ensamble por ejemplo, tendríamos que usar probablemente un contador regresivo es el ideal para el control de inventarios a manera que el valor del registro de contador reflejará el número de partes sobrantes en el local.

## INSTRUCCIONES PARA LA MANIPULACION DE DATOS

Las siguientes funciones de PLC casi no se encuentran en la lógica de relevadores alambrados en campo, mas bien hay muchas mas instrucciones de computadora, estas incluyen las siguientes categorias:

- a) Operaciones Aritméticas
- b) Operaciones para manipulación (Comparación) de datos
- c) Operaciones para transferencia de datos

Todas estas operaciones pueden llevarse a cabo usando variantes de 2 instrucciones : IF y LET.

### SENTENCIAS IF

Las sentencias IF se usan como elementos de un peldaño justo como son los contactos.

La sentencia IF es una caja que permitirá continuidad a traves de cierta parte de un peldaño SI (IF) el peldaño no contiene una sentencia verdadera. Como se muestra en los ejemplos en la fig. 3-9, las sentencias IF comparan el valor en un almacen de registro contra algún otro valor

El otro valor puede fijarse como un número específico, otro almacén de registro o una operación matemática

Las funciones de comparación de datos disponibles en una sentencia IF incluyen:

- a) = iguales
- b) < menor que
- c) > mayor o igual
- d) ≠ desigual

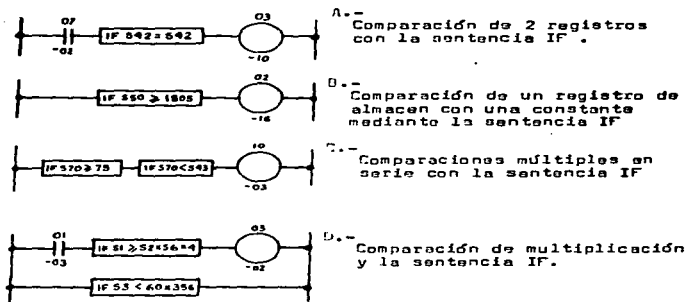


fig. 3-9 Peldaños utilizando las sentencias IF.

Las sentencias IF se usan frecuentemente para accionar una salida cuando un temporizador o contador alcancen cierto valor de registro, esto permite al temporizador o contador, manipular salidas múltiples.

Como los contactos, las sentencias IF, pueden utilizarse en paralelo o en serie con cada otra en el mismo peldaño. Los contactos de entrada pueden colocarse en el peldaño con una sentencia IF para controlar cuando la función debe desarrollarse.



## SENTENCIAS LET

Las sentencias LET se usan para desarrollar funciones de manipulación de datos, en registros de datos, como puede verse en la fig. 3-10 no hay salidas en los peldaños con la sentencia LET, esto es porque esta sentencia por si misma toma el valor de la salida, el propósito del peldaño es desarrollar la función de datos establecida en la caja de la sentencia LET.

Solo se permite un LET por peldaño, tal y como solamente se permite una bobina de salida por peldaño.

Un uso de la sentencia LET es cargar un valor dentro de un registro, esta función es conocida como PRESET, es de utilidad cuando un número específico puede y debe cargarse dentro de un registro (Para el contador regresivo, por ejemplo) en una base recurrente, el peldaño de LET permite que se cargue el número automáticamente por medio del programa de manera que el operador humano no tiene que alimentar el valor manualmente.

El peldaño A en la fig. 3-10 ilustra a la instrucción LET usada como un PRESET. Cuando los contactos 01-04 y 01-08 se cierran, el número 1535 será cargado dentro del registro 42, cualquier número que estaba previamente en el registro 42 será reemplazado por 1535.

Las instrucciones LET también pueden copiar un número de un registro a otro. Esta función se denomina DATA TRANSFER o transferencia de datos.

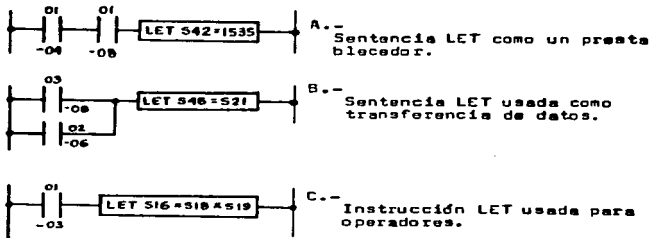


fig. 3-10 Peldaño : usando las sentencias LET.

Esta función puede usarse tomar un número de un registro con un valor que puede cambiar y almacenarlo en un registro diferente para análisis posterior, en otras palabras, puede elaborarse un registro con el primer valor encontrado y registrado en cierto punto en el tiempo. Los datos de la producción normalmente se almacenan de esta manera.

El peldaño B en la fig. 3-10 muestra una instrucción LET para transferencia de datos. Si cualquiera de los contactos 03-08 o 02-06 se cierra, se activa la función LET, esto -- hará el registro 21 (El valor del registro 21 se copiará dentro del registro 46).

Una tercera función de las instrucciones LET es para desarrollar operaciones matemáticas en un registro de datos, estos cálculos se requieren a menudo para procesar aplicaciones de control y para graficar datos de la producción.

El peldaño c en la fig. 3-10 es una sentencia matemática LET, cuando el contacto 01-03 se cierra, el número en el registro 18 se multiplica por el número del registro 19 el resultado se almacena en el registro 16.

Otras funciones matemáticas que pueden desarrollarse en un registro de datos son: adición, sustracción, división y raíz cuadrada. Algunos procesadores de gran tamaño son capaces de manejar punto flotante, funciones trigonométricas y valores exponenciales.

# 4 DESARROLLO DE PROGRAMAS PARA PLC

## POR QUE DEBE PROGRAMARSE UN PLC

No obstante que un controlador programable tiene un "cerebro" (la unidad de procesamiento) necesita decirsele que haga todo lo que debe hacerse, debe dársele de manera explícita y paso por paso todas las instrucciones, tales como examina esto, arregla eso, inicia el conteo y así sucesivamente.

Al acto de designación y ensamble de esas instrucciones de paso por paso de un controlador programable se le denomina "PROGRAMACION".

Una unidad de programación no tiene oídos así que no podemos decirle literalmente que hacer, tampoco le podemos pedirle que lea una página impresa, debe recibir sus instrucciones electrónicamente desde un dispositivo denominado "programador", las señales electrónicas que genera el programador deben pasar por un cable y dentro de un puerto de programación en la unidad de programación. Dentro del procesador, las señales son dirigidas a las locaciones adecuadas en la memoria de usuario.

### DISPOSITIVOS DE PROGRAMACION

El dispositivo de programación le permite al usuario crear nuevos programas de control o editar y verificar pro

gramas existentes, también puede ser de mucha utilidad para el personal de mantenimiento, cuando hay algun problema en el sistema del PLC.

Los principales tipos de dispositivos de programación son:

- a) Programadores CRT
- b) Programadores Hand-Held
- c) Programa Cargador/Registrador
- d) Computadores

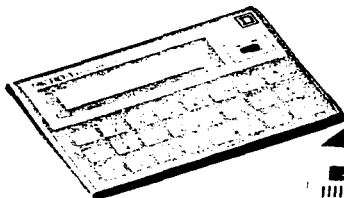
Los dos tipos mas populares son los modelos Hand-Held y las unidades CRT. En la fig. 4-1 se muestra un ejemplo de cada uno de ellos. Las unidades Hand-Held son perfectamente adecuadas para programar comparativamente pequeños sistemas denominados "Terminales para desarrollo de programas" y "Programadores de escritorio", los cuales tienen enormes capacidades de trabajo.

La mayoría de los programadores CRT tienen un teclado completo así como un monitor interconstruido, tienen también un teclado numérico, similar a una calculadora de mano.

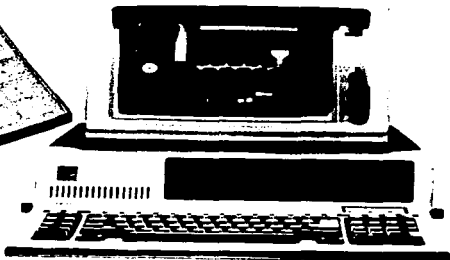
Algunos teclados incluyen teclas de acción mecánica, mientras tienen teclas selladas intercambiables con otras hojas de sobreponer. Algunos programadores de escritorio incluyen compartimientos para cassette o mandos para disco floppy a manera de permitir la preparación de programas fuera de

línea. Las unidades de escritorio tienen un renglón de teclas de función denominadas teclas suaves (SOFT KEYS) que nos permiten seleccionar entre varios modos de despliegue y programación. La función de cada tecla suave cambia según el modo del programador.

Los programadores de mano tienen menos teclas, pero los símbolos de los relés lógicos están siempre incluidos.



A. tipo hand held



B. tipo CRT (Computer Remote Terminal)

fig. 4-1 Unidades Programadoras mas usuales.

Los programadores de mano en apariencia son similares a las calculadoras también de mano, aunque sus capacidades típicas de despliegue y edición son limitadas, su principal ventaja es que son portátiles y que pueden usarse en ambientes industriales y que pueden cambiar los programas en sitio

Adicionalmente, con el advenimiento de los microprocesadores, los programadores de mano modernos son tan poderosos como las unidades de escritorio.

Otra manera de clasificar los dispositivos de programación es en base a que si estos son "tontos" o "listos".

Una terminal tonta no tiene capacidad para el procesamiento de datos, puede solamente transmitir información directamente del usuario al PLC y relevar información de respaldo al usuario. Una terminal tonta puede consistir en una pantalla de despliegue y un teclado, pero no tiene una UCP (unidad central de procesamiento) propia.

Una terminal inteligente por otra parte, tiene su memoria interna, también tiene su propia UCP, lo cual hace posible manipular datos antes de enviar un programa al PLC. Esta capacidad de pre-procesamiento le permite al usuario editar y modificar un programa fuera de línea. El PLC entra en operación solamente cuando ha recibido un programa completo o una sección de programa, la operación normal de un PLC se interrumpe solamente por el instante que toma en transferir un nuevo programa a la unidad de procesamiento. Las terminales más avanzadas proporcionan también al usuario documentación y capacidad para el diagnóstico del sistema.

Estrictamente hablando, los cargadores/registradores de programas, no son realmente dispositivos de programación su función es meramente la de transferir programas.

Un programa primero se desarrolla en un dispositivo terminal y despues registrado o grabado en cinta en un cargador/regis -  
trador . El cargador es físicamente acarreado al PLC y conecta -  
do a la unidad de procesamiento. El cargador entonces envia -  
una copia del programa dentro de la memoria del PLC .

Usando un cargador/registrador el mismo programa puede car -  
garse fácilmente en varias estaciones de trabajo de PLC.

Tener una cinta del programa es también una buena protec --  
ción contra la pérdida de memoria accidental.

Los computadores dan otra opción para la programación de -  
un PLC, algunos computadores personales han sido adaptados -  
con un arreglo de herramientas para el desarrollo de progra -  
mas de PC, permitiéndoles funcionar como terminales para el -  
desarrollo de programas, además de ser computadoras para prop -  
ósitos generales. Además de editar y mostrar programas la -  
computadora también puede asistir en la generación de documen -  
tos, por ejemplo puede crear listas de entrada y salida o in -  
cluso proporcionar paquetes completos de documentación.

#### CONSTRUCCION DE UN PROGRAMA DE PLC.

Programar un PLC, es un proceso muy lógico y no es difícil  
si se aborda en una manera ordenada, demanda solamente que si  
ga la pista de las identidades de las entradas y las salidas -  
y saber cuales entradas sirven como fuentes alternas de con -  
tinuidad ( función OR ) y cuales pueden alinearse juntas en  
serie ( función AND ), también debe comprenderse completamen -  
te el proceso que se esta controlando y tener un inven -



tario completo de todos los dispositivos de entrada y de salida que han de estar bajo el control del PLC.

Antes de arreglar el programa para un dispositivo de salida dado, es necesario tener respuesta de las siguientes preguntas básicas:

- a) Cuáles son los dispositivos que efectúan directamente a la operación de cada dispositivo de salida? (Asegúrese de que haya contado todos los dispositivos)
- b) Los dispositivos de entrada necesitan estar en ON - OFF?
- c) Si un dispositivo de entrada se encuentra en el estado opuesto al estado requerido, que otros dispositivos de entrada deberán proporcionar control y continuidad alternativa?
- d) Algún otro dispositivo de salida necesita estar en ON antes que la salida en cuestión se energice o desenergice?

Para evitar incurrir en costosos errores, diseñe su programa dibujándolo en papel y a lápiz antes de cargarlo realmente en el programador. Básicamente, los pasos requeridos para trazar un diagrama de escalera son los siguientes:

- 1.- Enlista todas las salidas que necesitan activarse o ser desactivadas por el PLC.
- 2.- Para cada salida, apunte las entradas de control y el estado requerido de estas entradas, en efecto, estará enlistando todas las condiciones posibles para la salida que será activada o desactivada.

3.- Dibuje un peldaño de escalera para la primera salida en su lista y colóque el símbolo de salida en la extrema derecha en el peldaño.

4.- Coloque las entradas AND para su salida en el mismo peldaño según la salida, utilice los símbolos N.O. para entradas que deben estar en ON y los contactos N.C. para los dispositivos que deben estar en OFF.

5.- Colóque las entradas OR en circuitos paralelos conectándolos en el peldaño de salida según se indique en su sentencia de condición.

6.- Cuando un peldaño (con sus circuitos derivados) está completo, verifique su lógica construyendo una tabla de verdad para el peldaño, compare la tabla con las demandas del dispositivo de salida.

7.- Repita los pasos del 3 al 6 para cada una de las otras salidas.

Todas las entradas y salidas necesitan tener identidades de dirección. Las terminales del alambrado de campo en los módulos I/O pueden tener ya etiquetas de dirección en memoria, en algunos sistemas, los módulos de entrada tendrán terminales con el prefijo "1" o una "I" mayúscula y las terminales de salida tendrán el prefijo "0" o una "O" mayúscula.

Así las primeras ocho terminales en un módulo de entrada pueden numerarse del 101 al 108.

De modo similar, las primeras 8 salidas pueden ser del 001 al 008. El manual de usuario de su sistema debe indicar le que números estan disponibles para direccionar entradas y salidas.

El bosquejo del diagrama de escalera debe ahora etiquetar se con las direcciones correctas para cada una de las entradas y salidas, Si se está reprogramando un sistema de control existente, debe tenerse entonces una lista de las identidades de las entradas y las salidas, puede ser similar a la tabla 4-1. Si se esta programando un sistema nuevo, es necesario entonces construir la lista completa, una vez que se tengan todas las direcciones de cada uno de los dispositivos colóque las etiquetas mas adecuadas en su diagrama de escalera, como se muestra en la fig. 4-2.

Tabla 4-1 Muestra de una Tabla de Direcciones

Descripcion	Input / Output		Direccion
	Input	Output	
Bomba de circulacion (3)		Output	001
Relevador de retraso (3)		Output	002
Demanda de proceso 2	Input		101
Alarma de bajo nivel		Output	007
Relevador Válvula 1		Output	010

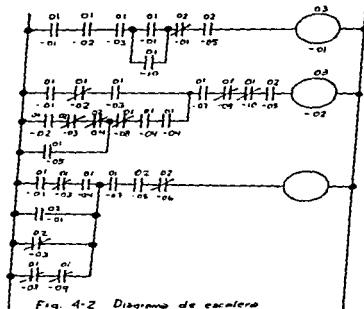


Fig. 4-2 Diagrama de escalera etiquetado de muestra.

## TECNICAS BASICAS PARA CARGAR UN PROGRAMA

Cargar un programa para el programador CRT, principalmente se efectúa utilizando el renglón de teclas suaves inmediatamente abajo de la pantalla y del bloque de teclas numeradas al lado derecho del teclado. Según se muestra en la figura 4-3, la función de cada tecla suave se indica en la parte inferior de la pantalla.

En el modo de programación, las teclas suaves se utilizan para cargar símbolos de contactos, bobinas y conectores (líneas horizontales). Estos símbolos están definidos en la figura 4-4. Otras teclas suaves permiten cargar soldaditos, insertarlos o reemplazarlos en el programa, la tecla suave ETC nos proporciona un segundo grupo de funciones de las teclas suaves que permite la programación de temporizadores contadores IFs y LETs.

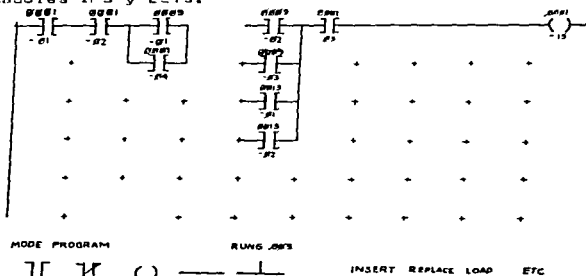


fig. 4-3 Un soldadito de programa incorporado en una pantalla de un CRT -85-

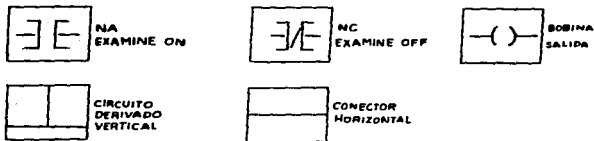


fig. 4-4 Símbolos más comunemente usados  
En programas simples.

Ahora estamos listos para cargar nuestro diagrama de escalera de relevadores en el dispositivo de programación.

Cargar un programa no significa más que redibujar el diagrama de escalera en la pantalla de despliegue de la terminal y en algunos casos, incluir detalles adicionales.

Cuando usted se comunica con el modo de programación de escalera, el cursor se mueve hacia la esquina superior izquierda de la pantalla, para permitirle construir su primer peldaño. Usted cargará cada peldaño de la parte superior a la inferior de su diagrama, y de izquierda a derecha de cada peldaño.

Suponga que el primer peldaño que Ud. traza es idéntico al peldaño de la parte superior de la fig. 4-2, Veámos ahora como debe teclarse este peldaño de programa:

Cuando se carga el modo de programa, se despliega una pantalla con peldaños vacíos con una línea gruesa que va a través de la parte superior de la pantalla, el cursor se posiciona en el extremo izquierdo de la línea.

Primero digita una tecla suave para conseguir un contacto normalmente abierto (de aquí en adelante nos referimos a esta como NO), entonces accese la dirección asignada para este contacto tecleando 1-1 (los ceros de guía se incortan automáticamente por el programador), entonces el peldaño aparecerá en la pantalla como indica en la fig. 4-5A.

En seguida presione NO y 1-2, después NO 1-3, NO y 1-7 después teclee el contacto normalmente cerrado (NC) y 1-2 seguido por NO y 2-5, el display aparecerá como se indica en la fig. 4-5B.

Para alimentar el contacto paralelo en la segunda línea es necesario retroceder el cursor hacia arriba y moverlo hacia abajo sobre la línea, para lograrlo, las teclas de flecha -- situadas en el bloque numérico deben utilizarse, primero presione la tecla de la flecha a la izquierda dos veces para -- mover el cursor dos columnas hacia atrás, entonces presione la tecla de flecha hacia abajo para posicionar el cursor bajo el contacto 01-07, presione entonces la tecla suave ramal NO, 1-10 y la tecla ramal otra vez, el peldaño lucirá como el mostrado en la fig. 4-5c.

Ahora que todas las salidas han sido capturadas o entradas las restantes que estan son salidas únicamente. Ya que solo tenemos una posición posible para la salida (a la derecha de la línea de la parte superior). Al presionar la bobina de salida en las teclas suaves; El cursor se posicionará auto

máticamente en dicho lugar y trazará el símbolo de la bobina entre la dirección de la salida 3-1.

El paso final es cargar el peldaño terminado dentro de la memoria del procesador, antes de esto, verifique el peldaño para estar seguro de que las direcciones y símbolos anotados son los correctos, Puede efectuar correcciones situando el cursor sobre el error con las teclas de flecha y proceder.

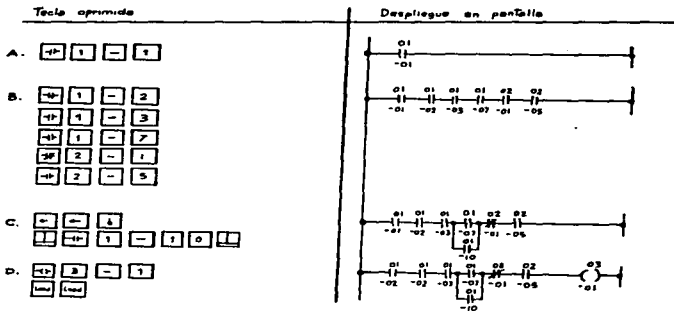
Para cargar el peldaño, presione la tecla suave LOAD dos veces, esta acción cargará el peldaño en la primera posición disponible en la memoria de usuario.

Por ejemplo, si ya hay 4 peldaños en memoria, el nuevo se cargará como peldaño número 5.

Alternativamente, se puede usar la tecla suave INSERT para insertar un nuevo peldaño dentro de un programa existente presionando la tecla suave LOAD una vez después de teclear el número de peldaño deseado.

La tecla suave REPLACE, trabaja de modo similar, permite que un peldaño nuevo reemplaza a otro existente.

Fig. 4-5 Pasos en cargar el primer peldaño del programa.



LIMITACIONES DE PROGRAMACION

Aunque la afiliación o entrada de programas es un proceso relativamente sencillo, tiene sus limitaciones, los fabricantes colocan restricciones en cuanto a la manera de cargar y arreglar los diagramas de escalera. Estas restricciones de ninguna manera inhiben la flexibilidad de un controlador programable pero hacen necesario encontrar diferentes maneras de adaptar su programa en un formato requerido.

La mayoría de las restricciones se aplican en los peldaños del programa. Un peldaño (RUNG) se define como un grupo total de elementos de entrada interconectados que actúan a una salida de control específicas.



Ya sea en papel o en pantalla, un peldaño está compuesto por todas las líneas, entradas y circuitos derivados que conducen a una salida, algunos fabricantes de PLC denominan a este arreglo RED o NETWORK.

El tamaño de un peldaño es una de las mas obvias restricciones. Estas se aplican al número de líneas que pueden ubicarse en un peldaño y al número de entradas permitidas en serie, en una misma línea. Típicamente los dispositivos de programación permitirán alrededor de 10 entradas por línea y alrededor de 7 líneas por peldaño.

La figura 4-6 muestra el tamaño permitido para un peldaño en un PLC modelo SY/MAX de SQUARE D.

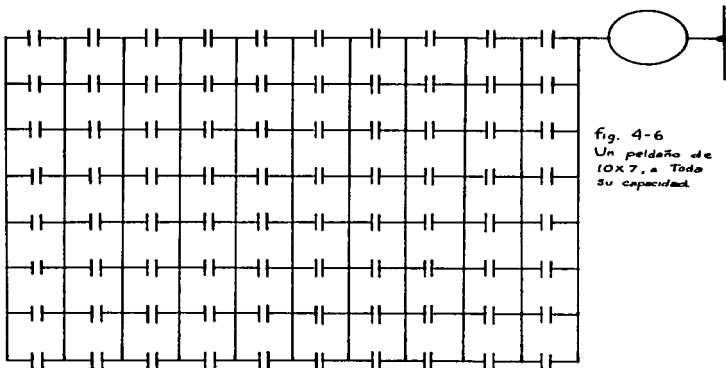


fig. 4-6  
Un peldaño de  
10X7, a Todo  
su capacidad.

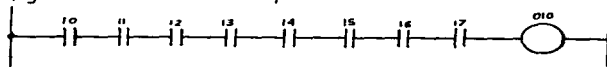
Fácilmente puede acomodarse una fila larga de entradas con un simple truco de programación, como en el ejemplo de la fig. 4-7A, asuma que el número máximo de entradas permisibles por peldaño es en este caso 5. Su programa sin embargo necesita de 8 entradas asignadas en serie a la salida. Para manejar esta situación debe utilizarse en el programa el "Relevador Auxiliar" (Auxiliary Relay) como se muestra en la fig. 4-7B.

El relevador auxiliar (Q22) se energizará cuando las primeras 5 entradas están en ON, el contacto (bit de entrada dummy) asociado con el relevador Q22 se pone en serie con los tres contactos restantes del arreglo en hilera inicial

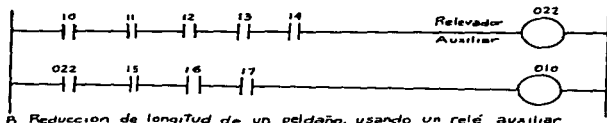
Como puede verse, todos tienen que estar en ON para poder energizar a la salida Q10. En efecto, el relevador auxiliar conecta los dos peldaños en un equivalente lógico del original. Nótese que no hay diferencia en el lugar donde se rompa una hilera larga (long string) de entradas, mientras que cada segmento no tenga más de los elementos permitidos.

El relevador interno es estrictamente una ayuda para entrar los programas. No es un dispositivo de salida del PLC, es un relevador dummy (Un bit no utilizado en un registro I/O) al que debe asignársele una dirección diferente a todas las de los dispositivos de salida reales en el sistema.

Fig. 4-7. Reducción de un peldaño



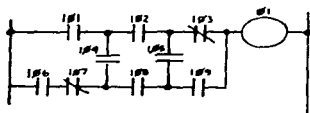
A. Un peldaño que excede las limitaciones de programación



B. Reduccion de longitud de un peldaño, usando un relé auxiliar

Otra restricción de las redes tiene que ver con un símbolo que es utilizado muchas veces como un relevador lógico alambrado, se trata del denominado "Contacto vertical" (Vertical contact). La fig. 4-8A muestra un peldaño lógico alambrado, con dos contactos verticales 104 y 105. Estos contactos sirven para proporcionar 8 diferentes caminos de continuidad por la escalera hacia la salida. Las ocho combinaciones posibles de entrada serán las enlistadas como condición VERDADERA (TRUE), en la fig. 4-8B.

Fig. 4-8A y B Acomodo de contactos verticales en un programa de PLC



A. Lógica Alambrada.

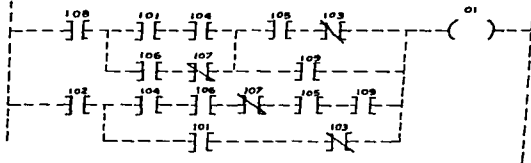
101, 102 NOT 103  
 101, 102, 105, 109  
 101, 104, 108, 109  
 101, 104, 108, 105, NOT 103  
 106 NOT 107, 108, 109  
 106 NOT 107, 104, 102 NOT 103  
 106 NOT 107, 108, 105 NOT 103  
 106 NOT 107, 104, 102, 105, 109

B. Combinaciones de entrada que hacen que la salida sea verdadera (TRUE)

Los dispositivos de programación de los PLC no permiten la inclusión de contactos verticales, debe entonces hallar se un arreglo alternó. Esto puede lograrse una lista de combinaciones de entradas, similar a la de la fig. 4-8B.

Para dibujar un grupo de peldaños, con un peldaño para cada combinación. Entonces se combina y simplifica a los peldaños tanto como sea posible, para llegar a una escalera equivalente, que puede cargarse en la unidad de programación. La fig. 4-8C muestra una solución al problema.

Fig. 4-8C Programa Equivalente para PLC



Nótese que las líneas internas verticales pueden incorporarse al programa, siempre y cuando estas no contengan entradas. Debe recordarse permanecer dentro de las restricciones de tamaño del peldaño y no incluir demasiadas entradas por peldaño. Cualquier identidad de una entrada dada puede ser utilizada una y otra vez, tantas veces como se desee, inclusive, las entradas no necesitan aparecer en orden numérico en el peldaño.

Un tercer tipo de restricción de programación es denominada "Caminos deslizados" (Sneak Paths) en la escalera lógica.

Esta condición se ilustra en la fig. 4-9A. En sistemas ya alambrados siempre es posible establecer un flujo de potencia en sentido contrario através de la red, debido a que la potencia puede fluir en un switch en cualquier dirección.

En un PLC sin embargo, las señales lógicas no pueden fluir en reversa através de las compuertas de procesamiento de datos. De esta manera, el programa lógico debe realizarse de tal manera que el flujo de señales es solamente de izquierda a derecha.

El camino deslizado, se ha utilizado como ventaja en la lógica de alambrado ya que puede minimizar el número de contactos necesarios en ciertos circuitos. En los PLC no hay límites en el número de veces que se pueda utilizar una entrada dada. Consecuentemente, el flujo en reversa puede eliminarse rediseñando la escalera y utilizando símbolos de entrada duplicados, según se muestra en la fig. 4-9B.

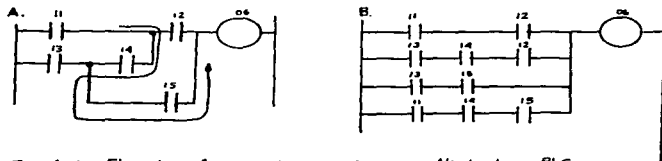


Fig. 4-9 Flujo de potencia en reversa, versiones Alambrada y PLC.

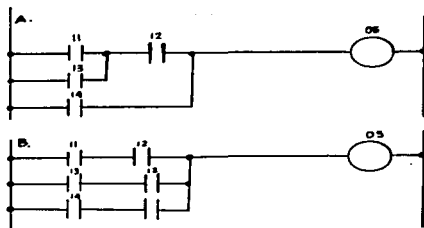


Fig. 4-10 Relevador lógico en un ramal con una derivación (Branch-within-a-branch)

Otra situación que puede no ser permitida en algunos modelos de PLC es el ramal en una derivación (Branch-within-a-branch) como el que se ilustra en la fig. 4-10A, este tipo de error en programa se caracteriza por derivaciones o ramales que inician en un mismo punto de un peldaño, pero que terminan en diferentes puntos. El problema puede remediarse extendiendo todos los ramales y sub-ramales de manera que todos ellos terminen en un punto común.

La fig. 4-10B muestra la manera adecuada de reemplazar al programa de la fig. 4-10A.

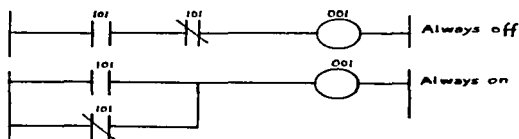


Fig. 4-11 Las dos estructuras lógicas.

Se ha extendido el uso de entradas duplicadas para extender un ramal corto a una longitud igual de un ramal mas largo, Nótese que las escaleras originales y revisadas son lógicamente equivalentes.

Los problemas de Flujo en reversa y Ramal dentro de una derivación pueden ambos resolverse con el mismo proceso:

- 1.- Separe los Ramales cortos que necesiten expansión.
- 2.- Denote los puntos en el Peldaño principal donde el primer sub-ramal inicia y donde el sub-ramal mas largo termina.
- 3.- Extienda cada uno de los sub-ramales repitiendo aquellas entradas que ocurren lógicamente a la derecha y a la izquierda de la sub-derivación de manera que todos los sub-ramales inicien en una línea vertical y terminen también en otra línea vertical.

Quando se reacomodan diagramas de escalera, deben evitar se trampas lógicas que pudieran cancelar el programa entero

Das de estas trampas crean las condiciones "SIEMPRE ON Y SIEMPRE OFF" (Always-on /Always-off) desabilitando la función de control del PLC. Estas dos construcciones se muestran en la fig. 4-11, como puede verse, la construcción Always-on proporciona continuidad, no importando en que estado se encuentre la entrada.

Pero en la estructura always-off, siempre se genera una ruptura en la lógica.

#### ENTRADA DE FUNCIONES ESPECIALES

##### 1.- Temporizadores y Contadores

La mayoría de los PLC tienen la habilidad de desarrollar las funciones de conteo y temporización; En el capítulo 3 se vieron los símbolos de estas funciones y se indicó la forma en que operan.

Se indicó también que los temporizadores inician el conteo solamente después que se establece continuidad en las líneas de control de sus peldaños. Los temporizadores tienen un valor decodificado programado en el peldaño, cuando la cantidad de tiempo transcurrido iguala el valor decodificado los temporizadores activan una salida.

Algunos sistemas permiten una alternativa en las unidades base para la medición del tiempo: Centésimas de segundo, Décimas de segundo o segundos completos.

Los contadores trabajan esencialmente de la misma manera que los timers, Para cada contador un valor decodificado debe incluirse en el peldaño, pueden elejirse contadores progresivos o regresivos. Toda vez que se hace continuidad en el peldaño del contador, este cuenta hacia adelante o hacia atrás una unidad, Cuando se alcanza el valor decodificado la salida entonces se activa.



Los fabricantes de PLC, especifican varios procedimientos para incorporar temporizadores y contadores en el programa de usuario, no existe una manera estándar, sin embargo todos los los procedimientos requieren se incorpore la siguiente información:

- 1.- Incorpore las entradas de activación o subrutina que debe ser verdadera (TRUE) antes de activarse al contador o temporizador.
- 2.- Seleccione e incorpore el símbolo o formato de peldaño para la función deseada.
- 3.- Seleccione e incorpore la dirección de registro del contador o temporizador, (Consulte el manual del fabricante para identificar las direcciones disponibles para contadores y temporizadores)
- 4.- Si se trata de un timer, escoja la base de tiempo que se va a utilizar e incorpórela al programa. La base de tiempo puede indicarse ya sea con un valor numérico o un código alfabético (1.0 o T5 para segundos completos o 0.1 o T1 para décimas de segundo, etc.)
- 5.- Incorpore al programa el tiempo decodificado para los valores de retraso o conteo progresivo, según requiera el proceso.

Los modelos de peldaños de programa para temporizadores y contadores se muestran en la fig. 4-12.

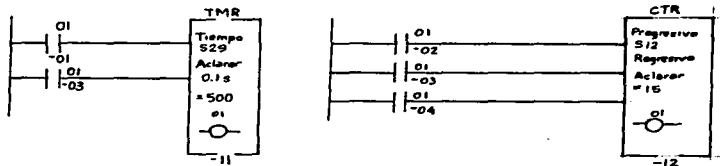


Fig. 4-12 Peldaños con Temporizador y Contador.

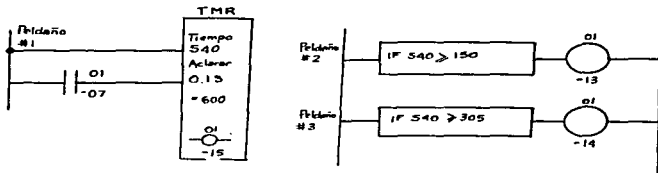


Fig. 4-13 Temporizador con salidas múltiples

Una vez que se presiona la tecla suave apropiada para disminuir el símbolo del contador o temporizador, el cursor se situará automáticamente en el lugar donde debe entrarse la dirección o los valores requeridos. Debe notarse que ambos peldaños tienen una línea de corrección para restablecer el valor o dirección del registro.

Debemos tener en cuenta que cada caja de contador o temporizador contiene una dirección de salida y que un solo contador o temporizador puede controlar salidas múltiples.

Esto se cumple con la programación de las sentencias IF para controlar salidas adicionales. Como se muestra en la fig. 4-13, los peldaños IF comparan el valor del registro de tiempo (S40) con un número. En el ejemplo cuando el valor del temporizador es igual o excede a 150, la salida 01-13 se activará en ON. Cuando el temporizador alcanza el valor 305, la salida 01-14 también se activará.

#### RELEVADORES DE CONTROL MAESTRO

Los relevadores de control maestro (MASTER CONTROL RELAYS) proporcionan un control ON-OFF sobre un número de diferentes peldaños de programa al mismo tiempo. Cuando el peldaño contiene un relevador de control maestro es verdadero (TRUE) los peldaños que siguen al MCR hasta el final del programa (o hasta el siguiente MCR) funcionan normalmente.

Esto es, que el siguiente peldaño se restren para detectar si tiene continuidad y las salidas correspondientes se energizarán en caso afirmativo.

Pero si el peldaño que contiene al MCR no tiene continuidad, todas las salidas en la sección abajo del MCR son desenergizadas (con la excepción de las salidas de retención).

Esta facilidad permite un control global sobre secciones extensas del programa.

Un ejemplo de dos MCR utilizado de esta manera, se muestra en la fig. 4-14. En este ejemplo las entradas de la 01 a la 14 no serán exploradas y las entradas de la 01 a la 02 no serán energizadas si el contacto 9 esta abierto. Si el contacto 9 se cierra, las salidas del segundo y tercer peldaño estarán disponibles para energizarse cuando se establece con tinuidad

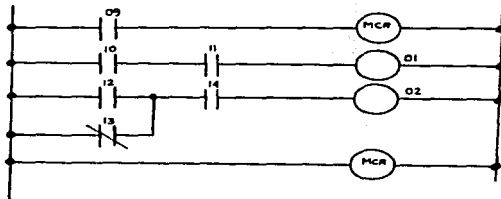


Fig. 4-14 Programa con un relevador maestro de control

# **5 PUESTA EN MARCHA Y APLICACION**

La presión de los programas de producción regularmente tiende a minimizar la importancia de la documentación apropiada. Consecuentemente se originarán severos contra tiempos cuando se necesite efectuar algún mantenimiento o reparación o cuando el proceso cambie; alguien que no este familiarizado con el programa, tendrá que entenderlo rápidamente para saber como trabaja el sistema y así poder efectuar los cambios requeridos de manera efectiva.

Así que una información incompleta o pobre, podrá revertir todo esfuerzo.

Idealmente, todos los documentos deben haber sido realizados durante la etapa de planeación; según descrito en el capítulo anterior, deben existir especificaciones funcionales, listas de direccionamiento y diagramas de escalera del programa.

El diagrama del programa debe incluir a su vez los componentes anotados por el programador o ingeniero, toda esta información archivada en folders especiales.

Es buena idea explicar cada peldaño o línea de control a detalle a manera de que otros usuarios o trabajadores entiendan fácilmente como trabaja el sistema. Un diagrama de bloques del sistema que se va a controlar debidamente identificado y direccionado debe incluirse a toda la do-

cumentación, este diagrama debe incluir información sobre el PLC, sus periféricos y todas las máquinas que controla todos los cables de interconexión deben estar claramente identificados con etiquetas y donde sea necesario incluir detalles acerca de las conexiones del cable utilizado.

Debe contarse con un mapa de memoria del PLC, si es posible mostrando la localización de las direcciones de valores acumulados y preestablecidos de contadores y temporizadores respectivamente, o en su defecto mostrar como se llegó a estos valores, es decir incluir la memoria de cálculaciones.

Como suplemento, debe disponerse de un número de paquetes de documentación de software, estos programas de software explorarán un programa de PLC y crearán referencias cruzadas de todos los dispositivos de Entrada/Salida.

Nos proporcionarán listas de los números de peldaño en los cuales se usa cada entrada individual, algunos de estos paquetes nos permiten incluir comentarios acerca de las impresiones de los relés, así produciendo verdaderamente información de alta calidad. La figura 5-1 nos muestra una impresión de una escalera con sus respectivas I/O debidamente etiquetadas, comentarios en los peldaños y una referencia cruzada. Este reporte fué generado por un Programador CRT (Computer Remote Terminal) con capacidad de documentación.

Como paso final, la información debe revisarse por una persona no involucrada con el desarrollo en detalle del programa, esta persona podrá eventualmente encontrar problemas potenciales, donde podrá requerirse aclaración futura. Si el sistema es extenso y complejo, debe dársele suficientemente tiempo a la persona que revisa la impresión de dicho programa.

La persona que revisa puede simular que es el mismo PLC y seguir cada instrucción en la secuencia apropiada para verificar que tengan lugar las acciones correctas.

Cuando el programa ya está completo, debe realizarse una copia en disco o cinta y archivarse con la demás documentación. Esto es necesario porque si ocurre una falla y la copia actual del programa se destruye o queda inoperante otra copia está a disposición en archivo. Todo el material de la documentación debe enlistar claramente la fecha de su creación y el número de revisión corriente del programa.

#### ARRANQUE DEL SISTEMA (SYSTEM START UP)

Inspección previa al arranque. Antes de cargar realmente el programa que se acaba de crear o modificar, debe desarrollarse una inspección completa de los sistemas externos para estar seguros de que todos ellos trabajan en orden, debemos asegurarnos que todo el Hardware del PLC está en su lugar. Es necesario también inspeccionar todos los módulos

I/O, para estar seguros de que estos están en su ranura correspondiente y que están perfectamente bien conexiados.

Verifíquense también las conexiones de cableado en los módulos de I/O para estar seguro de que todos los dispositivos de entrada y salida se han cableado a sus módulos correspondientes, y que los cables están asegurados firmemente a las клемas de alambrado de campo y que sus direcciones corresponden a las utilizadas en el programa.

Es posible que se haya entrado una dirección equivocada en el programa, por ejemplo, si la lista de las direcciones de I/O está en error en la primera posición, asegúrese de que se le asigne la corrijan y que el cable correspondiente termine en la dirección correspondiente, según su lista de asignación de direcciones. Debe también verificar se que los cables correctos estén sujetos firmemente a los dispositivos de salida.

#### VERIFICACION DE LA CONTINUIDAD DE CABLEADO Y DIRECCIONAMIENTO.

Después de que se han checado físicamente los blocks terminales de I/O, y las terminales de los dispositivos de campo, debe todavía verificarse positivamente que cada dispositivo interactúe con la dirección de memoria asignada en el programa y que el alambrado de los dispositivos



sea continuo y que los módulos de I/O estén trabajando perfectamente.

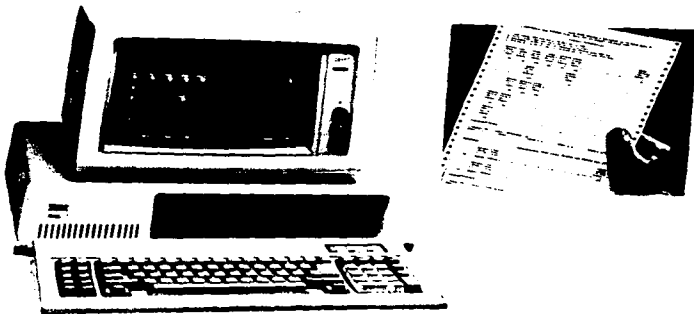
El procedimiento para checar el cableado de entradas difiere de algún modo con el procedimiento para verificar el cableado de salidas. Cuando se chequen las estradas coloque al interruptor de control del procesador en el modo HALT (Denominado STOP o PROGRAM en algunos sistemas)

Este modo impide al PLC desarrollar cualquier función de control pero permite al usuario visualizar los módulos de entrada.

Aplique potencia a todos los dispositivos de entrada de campo y al mismo PLC, verifique que las luces indicadoras de falla no estén encendidas y que los demas indicadores confirmen que el sistema esta trabajando bien. Haga que alguien manualmente active cada uno de los dispositivos de entrada en alguna secuencia sistemática. Cuando se activa un dispositivo, la luz del indicador LED se activa en la parte frontal de su módulo de entrada.

Si se enciende un indicador diferente al esperado se sabrá que las terminales de los cables se han conectado a terminales equivocadas, pero si no se enciende ninguna luz y otras si se encienden en el módulo, entonces existe una falla en este o en el cableado de campo.

Existen tres clases de problemas posibles en el cableado es posible que dos cables hayan sido conectados dos cables juntos, o que un cable haya sido conectado a tierra o que un cable se haya roto. Antes de probar cualquiera de estas



*Fig. 5-1 Reporte impreso de un programa de PLC*

condiciones, debemos asegurarnos que el sistema esta apagado, despues utilizando un probador de continuidad, verificar tierra (con la otra terminal del cable desconectada del dispositivo). Si esta prueba muestra continuidad, se sabe entonces que se tiene una falla de tierra en ese cable.

Cuando se sospecha de un cable roto, desconecte el cable del módulo desenergizado y ponga a tierra su otro extremo en el dispositivo de campo, cheque continuidad, si no la hay, el cable esta roto.

## VERIFICACION DEL ALAMBRADO DE SALIDAS

Antes de verificar el alambrado de salida, deben des conectarse en los actuadores, todos los dispositivos de salida que producen movimiento mecánico (motores y solenoides). Asegúrese que los trabajadores se han removido del area para que ninguno resulte lastimado y que el equipo y proceso no resulten afectados por ninguna de las salidas que se accionara repentinamente. Utilizando el programador cargue un peldaño hueco (dummy rung) en el procesador.

Esto peldaño puede consistir en un simple contacto y una bobina con direcciones no utilizadas en el programa real. El dummy rung simplemente permite que el procesador permanezca en el modo RUN (algunos modelos se pondrán por sí mismos en el modo HALT si se intenta arrancarlo con una memoria vacía). Ahora mueva el interruptor en la posición RUN.

Nota: Estas pruebas se corren con el dispositivo de programación conexionado a la unidad de procesamiento, segun se muestra en la fig. 5-2.



fig. 5-2 Pruebas con el dispositivo de programación

#### PRUEBA EN EL MODO "DISABLE OUTPUTS"

El modo Disable outputs (Desactive salidas) le permite al procesador sentir las entradas y explorar el programa, pero sin que el procesador energice a los dispositivos de salida. Las luces lógicas en los módulos de salida se iluminarán y podrán ser utilizadas para verificar la operación adecuada. Si el programa fué diseñado en subgrupos concentrados alrededor de tareas designadas sera lo mejor arrancar pequeñas secciones del programa a la vez; es posible que se desee bloquear al resto del sistema programandolos en MCR's temporales. Entonces el PLC se saltará estas areas designadas, o pueden mantenerse desactivados los dispositivos de salida criticos durante la prueba de marcha experimental.

Cuando se haya aprobado la lógica en el programa completo, pueden removerse todos los archivos temporales MCR y poner la tecla de comando del PLC en el modo RUN.

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE RUTINA

Aunque se conoce que los sistemas PLC son muy durables y se adaptan bien a los ambientes industriales, ellos necesitan en cierta medida de un mantenimiento de rutina para mantenerlos en operación, Si tomamos un tiempo para desarrollar solo algunos chequeos básicos, el PLC proporcionará años de operación sin problemas de operación.

Debemos procurar establecer un programa regular de inspección para I/O y las unidades de procesamiento, Las baterías de emergencia deben revisarse para asegurar que están frescas y completamente cargadas, regularmente los indicadores de baterías están alojados dentro de los módulos para mostrar cuando deben reemplazarse dichas baterías.

En la mayoría de los sistemas, aun cuando se enciendan las luces de advertencia, las baterías tienen suficiente energía para mantener la memoria del PLC por días incluso por meses, cuando ocurre una falla de potencia. Para lograr un margen extra de seguridad deben chequearse regularmente los gabinetes y cambiarse las baterías bajas o defectuosas.

Los módulos de salida normalmente tienen instalados indicadores LED para advertir las fallas. La mayoría de las veces, si se funde un fusible, puede detectarse la falla debido a que el sistema se pone en modo HALT o definitivamente se apaga, sin embargo si el módulo comanda equipo que se utiliza raramente o del cual se tienen noticias raramente, la única manera que se pueden detectar fallas es por medio de las luces indicadoras de fusible fundido.

Se debe estar seguro de reemplazar fusibles del tamaño adecuado para permitir que actúen en una sobretensión y que permitan el paso de corriente en condiciones normales previniendo un daño permanente al sistema.

Verifíquese que el PLC esta limpio y libre de obstrucciones, el aire debe circular libre en las inmediaciones y por entre el gabinete para mantener los componentes electrónicos lejos de la temperatura de sobrecalentamiento.

Cuando se permite que el polvo y la mugre se acumulen en los paneles de circuitos electronicos, puede causarse un cortocircuito, si los gabinetes tienen filtros de aire asegúrese que estos se cambien de manera regular.

Verifíquese el area alrededor del PLC para ver si alguien ha puesto cerca equipo que puede producir radiación electro magnética intensa (por ejemplo una soldadora de arco).

La interferencia electromagnética generada por esta clase de equipo puede causar acoplamiento de ruido que obstruye los circuitos lógicos, si el PLC o la maquinaria no pueden moverse, puede considerarse el blindaje apropiado al PLC y a su alambreado de campo, con una caja metálica aterrizada con conduits tambien debidamente aterrizados.

#### RASTREO Y CORRECCION DE FALLAS EN EL PLC.

Como se ha visto, trabajar con PLC's demanda un pensamiento lógico, esto es una verdad tanto para la tarea de programación como para la tarea de rastrear y corregir fallas

No importando si un problema se origina en el hardware del sistema o en el programa de software, debemos ser algo de detectives para encontrar la fuente.

Necesitamos reconocer por ejemplo que el programa ya ha sido corrido satisfactoriamente, y cualquier otro problema será rastreado en el hardware.

En general el rastreo y corrección de fallas tiene que ver con el proceso de eliminación, Elimínese o aislese una porción significativa del sistema y determine si el problema esta en esta area o no, si no es así, debemos fijar nuestra atención hacia otra parte del sistema, sabremos que nunca mas nos volveremos a preocupar de dicha primera parte, paso por paso, enliste y aisle las partes en las cuales podría haberse originado el problema, hasta que finalmente se llegue a la fuente del mismo.

#### **ARBOLES PARA LA DETECCION Y CORRECCION DE PROBLEMAS**

Son principalmente diagramas dibujados en este principio y nos muestran como eliminar las secciones del sistema de modo secuencial a manera de ayudarnos a llegar al problema fuente, en el caso de los PLC, estos diagramas nos indican truyen para desconectar módulos y componentes hasta resolver el problema, reemplazándolos con otros mas adecuados .

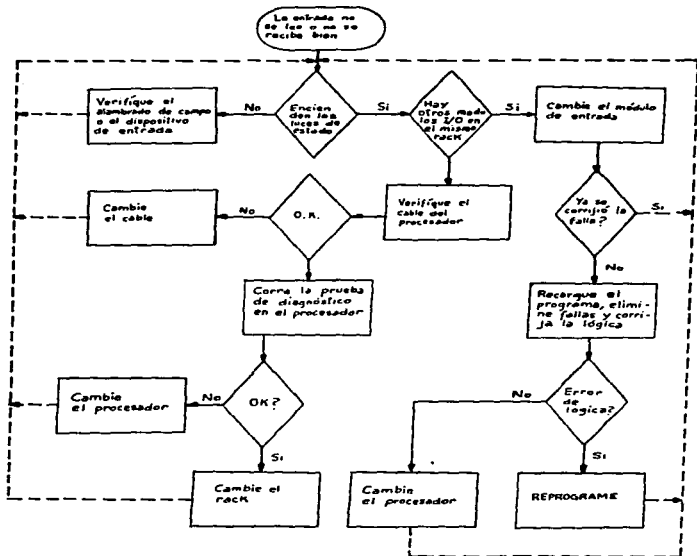
Este proceso es mas efectivo en cuanto a costo, porque implica un mínimo de tiempos fuera, el módulo averiado puede removerse del sistema para repararse y, posteriormente reinstalado en tiempos fuera de línea (off-line).

La detección y corrección de fallas envuelve también una cierta cantidad de intuición, después de haber tra bajado con estos sistemas podemos sentir cual componente es el que mas comunmente es la fuente de un problema dado asi que un consultor de PLC's experimentado puede "adivinar" si algun problema se origina en el software o en el hardware y si esta asociado con las entradas o las salidas. Caminar por un par de árboles proporcionará al lector el sentido de la clase de pensamiento lógico necesario para resolver problemas en PLC's. Estos árboles se basan en asumir que se puede sentir si es parecido a un problema relacionado con entradas o salidas, la falla en cuestión; si no acertamos, debemos nuevamente analizar una carta primero y despues otra, y nunca estaremos perdiendo tiempo. Suponga que Ud. tiene la idea de que el problema en un controlador programable es una entrada, si alguna de estas esta faltando, debe averiguarse porque; la fig. 5-3 muestra un árbol de problemas para rastrear la fuente de un problemas de entradas, tenga en mente que es muy general y que si se presentan situaciones diferentes debe consultarse el manual de usuario de su propio sistema. Esta carta en particular rastrea un problema que muestra si es que hay una falla en el procesador al recibir datos, como puede verse; la primer cosa por hacer es checar las luces indicadoras de estado en el módulo de entrada. Estas estan operando apropiadamente cuando alguien opera manual



Fig. 5-3 Arbol de detección y corrección de fallas para problemas con las entradas.

(Troubleshooting tree for input problems)



mente los dispositivos de entrada? Si no es así, el problema está ya sea en el cableado entre el dispositivo y el PC, o en el mismo dispositivo, (raramente se encuentra que fallen las luces indicadoras). Asegúrese que el dispositivo de entrada está en ON, después póngalo en OFF y verifique que haya continuidad en el alambrado de campo entre el dispositivo y el módulo de entrada, si los cables están bien, verifique las conexiones internas del dispositivo, entonces inspeccione el actuador o el codificador, ahora retorne al diamante inicial de decisiones, suponga que las luces de estado están trabajando apropiadamente, la pregunta siguiente es: Hay otros módulos en el mismo rack que exhiben fallas en las entradas? Suponga que encuentra otros módulos en el mismo rack, en esta condición, detecte el primero; siga la línea NO del siguiente proceso, VERIFIQUE EL CABLE DEL PROCESADOR; algunos PLC tienen interconstruidos programas de diagnóstico, que nos muestran automáticamente cables, rack e interconexiones de comunicación, cuando se corre esta prueba de diagnóstico, se encontrará automáticamente si el cable está bien conectado.

Si una falla se presenta en el cable, este deberá cambiarse, si no es así, debemos correr pruebas de diagnóstico en el procesador mismo, a través de su programa de auto-diagnóstico o como en sistemas más sofisticados; el problema aparece indicado en pantalla, diciéndonos cuál es la falla y la solución que debemos implementar; a veces es mejor y más efectivo en cuanto a costo, cambiar el procesador.

Pero si al cambiarlo el problema persiste, debemos entonces chequear el rack que puede tener averiados sus circuitos impresos o sus conectores de receptáculo, estas fallas deberían chequearse antes de embarcarse el equipo, pero no importando el origen del problema; en este punto lo más prudente es reemplazar el rack.

Para verificar el software, primero cargue el programa en el PLC, si esto no resulta, borre y corrija el programa o sus partes integrantes, en esencia es el proceso de detección de fallas mencionado, antes de poner el sistema en marcha.

#### RASTREO DE UN PROBLEMA DE SALIDAS

Ahora hacemos referencia a la fig. 5-4 que muestra el proceso para corregir salidas y es un proceso muy similar al descrito anteriormente para las entradas, cuando verifique un sistema, es posible saltarse estas pruebas si ya se han realizado en la rutina de entradas, lo mismo sucede si ya

hemos cambiado ciertos componenetas de entradas. Refirien  
dose al diagrama 5-4, el primer bloque a la extrema derecha  
en la parte superior, nos pide checar el potencial de volta  
je apropiado en el alambrado a tablillas terminales de los  
dispositivos de salida, si es correcto pero el dispositi  
vo no funciona, debemos checar fallas en el mismo disposi  
tivo o en el cableado, verificando continuidad en ambos  
si encontramos lecturas impropias debemos reemplazar el mó  
dulo, Siga la parte izquierda de este diagrama si encuen  
tra irregularidades en las luces de estado, en el primer  
bloque, se conoectarfa el dispositivo de programación y se  
forzará la salida al estado ON utilizando la función FORCE  
si persiste la falla, cambie el cable conector de entre  
el módulo y el procesador o corra la opción de autodiagnós  
tico primero, para verificar. Si la función FORCE trabaja  
y se observa encendido el símbolo de salida, esto sugiere  
que el procesador tiene una falla, reemplacelo, sin embar  
go, si la salida no se enciende en la pantalla cuando ya  
se ha direccionado y monitoreado, entonces monitorea a  
cada peldaño del programa individualmente en secuencia  
si todos los elementos estan bien, cambie el procesador  
si no estan bien, debe editarse y corregirse el programa  
(Debugging the program).

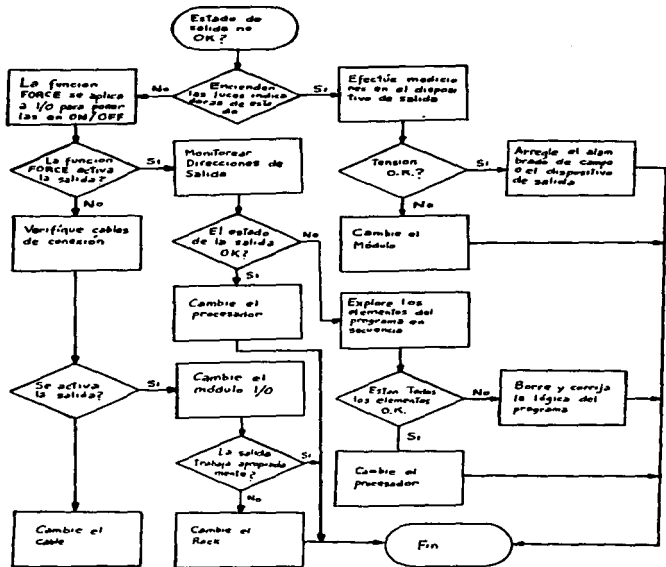


Fig. 5-4 Arbol de detección y corrección de problemas en las salidas (Troubleshooting tree for output problems).

## CORRECCION DE PROGRAMAS

Cualquier problema de control en el PLC debe originarse ya sea en el hardware o en el programa. Si el programa ya ha sido corrido y trabaja satisfactoriamente, entonces quie re decir que el origen del problema esta en uno de los componentes del PLC o en la máquina que se esta controlando.

Si el problema ocurre al iniciar una operación que no ha sido desarrollada previamente, es posible que el programa este mal, de ser así, revise cuidadosamente que el software este en orden. Este proceso debe iniciarse colectando toda la información que previamente fue preparada; verifique las listas de entradas contra la impresión de su diagrama de escalera, y asegurese que esta coincida con el bosquejo diseñado previamente, asegúrese que nadie ha modificado el programa. Asumiendo que se sabe como deben operar los sistemas en planta, verifique que los ciclos de movimiento de las máquinas sean debidamente activados por sus entradas.

## OTRAS AREAS CON PROBLEMAS POTENCIALES

Un programa muy extenso. Mientras que el programa sea mas extenso, toma mas tiempo su ejecución, esto es porque los tiempos de exploración son mas largos, se invertirá mas tiempo en las salidas exitosas. Normalmente el fabricante indicará la relación entre el tiempo de exploración y la cantidad de memoria utilizada.

Algunos PLC's tienen un temporizador guardián (watchdog timer) asociado con el tiempo de barrido o exploración.

Es un dispositivo que se energiza en el inicio de la exploración y despues de un cierto periodo de tiempo, indicará una falla si la exploración no se completa por medio de una alarma visual o audible, cuanto mas largo sea el tiempo de exploración, el intervalo del guardián será menor, en los modelos SY/MAX de Square D, el tiempo de rastreo se carga en un registro de control, el usuario puede programar un peldaño IF para efectuar la acción mas apropiada si el valor de este registro excede el máximo deseado.

#### PROBLEMAS AMBIENTALES

Algunos problemas pueden ser originados por vibración temperatura o humedad excesivas, normalmente un PLC no será colocado en lugares donde alguno de estos factores sea extremadamente alto, sin embargo algunas veces las condiciones en planta cambian repentinamente y deben proveerse soluciones mas adecuadas.

Los problemas de temperatura pueden solucionarse con ventiladores e inclusive con unidades de aire acondicionado como se dijo anteriormente, debe eliminarse toda la mugre y polvo de los gabinetes ya que tienden a convertirse en aislantes que retardan la disipación de calor.

Se habló tambien de la interferencia electromagnética -

causada por la radiación proveniente de equipo eléctrico

Este ruido puede ser peligroso si interfiere con los patrones de control del PLC que se pondrán en ON/OFF cuando no deben. Las líneas de comunicación y los dispositivos TTL son especialmente sensitivos a este tipo de interferencia, la fig. 5-5 muestra como deben aislarse los cables de I/O para minimizar este problema.

#### PROBLEMAS CON EL PANEL DE CIRCUITOS

Puede cuidadosamente extraerse los módulos de I/O de sus ranuras y checarse las fallas obvias, algunos mostrarán partes quemadas o descoloridas, problemas de soldaduras o circuitos impresos averiados. Si el PLC se puso en marcha recientemente, puede tocarse cada uno de los chips de circuitos integrados para ver si alguno de ellos esta caliente.

Los chips lógicos raramente se calientan cuando estan en operación, a menos que se hallan puesto en corto recientemente en el interior del PLC. Precaución : Asegúrese que los módulos de I/O esten desenergizados antes de examinar los.

Los problemas mas frustrantes para el experto en PLC's son aquellos que se presentan de manera aislada y ocasional pero no consistentemente. Si un componente electrónico tiene un defecto ligero, puede causar un problema temporal posiblemente cuando la temperatura del aire es mas bien alta, estos problemas pueden encontrarse mediante el uso



de una lata de spray enfriador aplicado a cada componente de manera individual, cuando el sistema se arranca de nuevo, se detecta fácilmente el componente averiado.

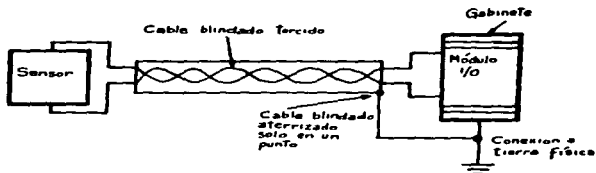


Fig. 5-5 Modo de aterrizar el alambrado de campo y el gabinete I/O

#### SEÑALES QUE NO PUEDEN LEERSE

La importancia de tener paneles de circuitos sin daño alguno no puede sobreemfatizarse, si las fallas se presentan intermitentemente, los procedimientos de pruebas corrientes o de rutina, no pueden tomarlos en cuenta. Un ejemplo es un circuito que ocasionalmente transmite señales que no pueden leerse, que pueden ser originados por puntos de soldadura defectuosos en puentes u otros cortocircuitos de alta resistencia.

Las señales digitales normales no necesitan ser precisamente máximo de 5V o mínimo 0V, debe saberse que hay un

rango aceptable de voltajes tanto para las señales altas como para las bajas, según se muestra en la fig. 5-6

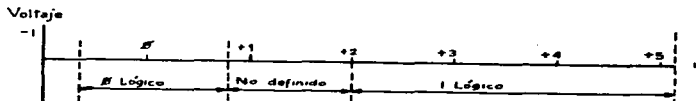


Fig. 5-6 Rangos de Voltajes Lógicos definidos para señales digitales.

Cualquier señal en el rango de  $-0.6V$  a  $0.8V$  será leída como BAJA o CERD, y de  $2.0V$  a  $5.5V$  será leída como ALTA o UND, Pero hay un pequeño rango que no puede leerse ni como ALTA o BAJA (de  $0.8$  a  $2.0V$ ) esta es la region no definida (Undefined region).

La fig. 5-7 muestra la diferencia entre una señal buena legible y una mala señal. Nótese que el voltaje en (B) cae varias veces dentro de la región indefinida durante la transmisión, en estas ocasiones el PLC no podrá decir si la señal es Alta o Baja y regularmente tendremos una respuesta errónea. Para evitar esta condición es necesario cambiar los módulos ante la sospecha de que se presente dicho problema.

## SELECCION DE CONTROLADORES PROGRAMABLES

La elección de un suministrador de equipo de automatización PLC, no es en ningún aspecto una tarea fácil.

La aplicación, experiencia, productos y soporte técnico de las fabricantes deben ser cuidadosamente examinadas y evaluadas. Otro factor que también es importante pero más difícil de determinar es el compromiso.

El fabricante debe tener en cuenta en términos de proporcionar soluciones, no solo la venta del Hardware y Software, sino también la compatibilidad con otros sistemas como un requerimiento primario.

El fabricante ha de contar con una familia completa de Procesadores, Módulos compatibles de I/O, Racks y fuentes de poder, Redes de dispositivos de interfase, Dispositivos de monitoreo y programación, Software, debe también ofrecer Equipos de monitoreo de Potencia, Mandos de frecuencia ajustable, Todos usando el mismo Protocolo de Comunicaciones entre sí y con modelos de otros Fabricantes de PLC y equipos en Planta, tales como Computadoras de Integración, Robots, Controles de soldadoras y otros dispositivos de automatización.

El fabricante debe también poder ofrecer entrenamiento para Ingenieros, Programadores, Técnicos, Diseñadores y al personal de Operación y Mantenimiento que usa estos dispositivos, aun después de la compra.

En el supuesto de que se adopte la solución automática para implementar el algoritmo de control de determinada aplicación, se plantea ahora la necesidad de seleccionar de entre una amplia gama de oferta en el mercado, el equipo más adecuado. Como en otros casos, la decisión debe basarse en un análisis sistemático de una serie de factores pero considerando no solo las características actuales de la tarea de control, sino también las necesidades futuras en función de los objetivos de la empresa.

#### **FACTORES CUANTITATIVOS**

Se refieren a la capacidad del equipo para soportar todas aquellas especificadas para el sistema de control y se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Entradas/Salidas : cantidad, tipo, prestaciones, ubicación
- Tipo de Control : control de una o varias máquinas, proceso
- Memoria : cantidad, tecnología, expandibilidad
- Software : conjunto de instrucciones, módulos de programas, etc.
- Periféricos : equipos de programación, diálogo hombre-máquina, etc.
- Físicos y ambientales : características constructivas banda de temperatura, etc.

#### **ENTRADAS/SALIDAS**

Determinar la cantidad de señales de Entrada/Salida, tanto discretas como numéricas y analógicas que debe ser capaz de tratar el equipo es el primer trabajo a realizar al ini

ciar la implementación de un sistema de control, no hay mas remedio que contar el número de dispositivos cuyo estado que hay que leer o gobernar. Una vez obtenidas estas cantidades, es muy recomendable reservar un espacio para futuras ampliaciones (entre 10 y 20%). Aparte de los indicadores LED de estado para señales discretas, hay que procurar que las entradas incorporen filtros para evitar lecturas falsas (rebote de contacto). Para las salidas discretas es preferible incorporen una protección de sobrecarga, que en el caso de ser un fusible, es mejor que sea de accoso frontal (evitará dejar fuera de servicio todas las salidas del módulo al retirarlo para cambiar el fusible) y además es deseable incorporen un indicador de fusible fundido para su inmediata localización. En cuanto a las I/O de señal analógica, se encuentran las adecuadas para el tratamiento de señales procedentes de instrumentación de campo (caudal, temperatura, presión etc.) y para la regulación (variación de velocidad, válvulas motorizadas, etc.) con las bandas de trabajo mas usuales.

#### TIPO DE CONTROL

En aplicaciones en las que se pretende el control de varias áreas o máquinas interdependientes, pero con funciones autónomas, se plantea la disyuntiva de optar por el control centralizado o por el control distribuido.

La importancia de dichas funciones por si solas o la posibilidad de subdividir la tarea de control del proceso

El control centralizado presenta el inconveniente de que si el autómata falla (particularmente la Unidad Central) se produce una parada total de la instalación. En los sistemas de control centralizado donde la disponibilidad del equipo es fundamental (procesos continuos), se optará por el empleo de Unidades Centrales Redundantes, una unidad esta en activo mientras que la otra esta de reserva o BACK-UP.

La opción de control distribuido requiere que puedan considerarse máquinas o grupo de máquinas o áreas funcionales susceptibles de ser definidas por un algoritmo de control a cada una de ellas se destinará un PLC o autómata dimensionado de acuerdo con los requerimientos del área. Debido a la interdependencia que existe entre las operaciones que tienen lugar en cada área, es necesario interconectar los autómatas entre sí o a través de una red de comunicaciones en el área local (LAN-Local Area Network) para intercambio de datos y estados de I/O por lo que el PLC debe permitir comunicaciones.

Memoria. En este aspecto es necesario considerar dos características principales y tipo de memoria.

En general las Unidades Centrales incorporan una cantidad de memoria acorde con su capacidad de control y la potencia del conjunto de instrucciones con las que opera, para mejor adaptarse a cada aplicación, por razones económicas, un mis

mo equipo suele presentarse con distintas opciones de cantidad de memoria: 1K, 2K, 4K, etc. o bien ofrecer la posibilidad de ampliación de una cantidad de memoria base ya instalada. La ampliación se hará sobre el propio procesador mediante circuitos integrados o bien mediante módulos de memoria, en cualquier caso la posibilidad de expansión futura debe existir para no encontrarse con la posibilidad de sustituir toda una Unidad Central.

El tipo o tecnología de la memoria empleada dependerá de la aplicación concreta. En ciertas aplicaciones es necesario introducir cambios en la secuencia de control con cierta frecuencia, sin posibilidad de detener su funcionamiento; esto sólo es posible cuando se está trabajando con una memoria del tipo RAM, por tanto volátil y que requiere un soporte de batería. En cambio los fabricantes de maquinaria una vez desarrollado, probado y depurado el programa, estarán más interesados en trabajar con memorias permanentes del tipo EPROM o EEPROM, que proporcionan un medio muy fiable de almacenamiento del programa.

#### SOFTWARE

Con el algoritmo de control definido, el programador tendrá una referencia clara del equipo y del tipo de instrucciones que son necesarias para programar las secuencias lógicas definidas, pero también de aquellas funciones especiales, particularmente cálculos y tratamiento de datos

comunicaciones, regulación, etc. que requieren instrucciones especiales. Un potente conjunto de instrucciones facilitará la tarea de programación y por tanto reducirá el tiempo empleado y en general reducirá el tiempo de respuesta.

También hay que considerar las instrucciones que permiten el control del ciclo de ejecución (subrutinas, saltos inhibición de secuencias etc.) la posibilidad de organización del programa en módulos funcionales y la existencia de una biblioteca de secuencias pre-programadas (lazo de regulación PID) que simplemente con personalizar parámetros y direcciones de variables pueden emplearse en el programa propio.

#### PERIFERICOS

Los fabricantes ofrecen distintos niveles de equipos de programación cuya utilidad depende del tipo de empleo a que se destinen; así los pequeños terminales tipo de calculadora son de gran utilidad y económicos, cuando se emplean como unidad de monitorización y para pequeñas modificaciones en planta o para la programación de pequeños sistemas. Sin embargo trabajar con ellos en programas complejos puede ser tedioso. Las consolas con pantalla CRT aportan una mayor comodidad así como un gran número de opciones de interconexión a otros periféricos, particularmente impresoras y unidades de cinta (cassette o streamer). Algunos de estos equipos denominados terminales inteligentes, permiten la programación autónoma (off-line), incluso por medios de archivo de programas (discos o cintas) y también capacidad



de representación de gráficos. En las consolas CRT los fabricantes incorporan gran cantidad de ayudas a la programación y depuración de los programas, y la posibilidad de documentación de los mismos mediante etiquetas y comentarios, pero su coste puede superar el de la Unidad Central

Actualmente se ofrecen elementos para la programación mediante los ordenadores PC, lo que abre la posibilidad de disponer de un potente equipo de programación (varios lenguajes, gestión de producción etc.) a un coste aceptable, si se considera que es un equipo multiuso, en la figura

se muestra una aplicación que se enlaza a la interfase de un controlador, la hoja de trabajo de Lotus 1-2-3 fue desarrollada por Lotus Development Corporation

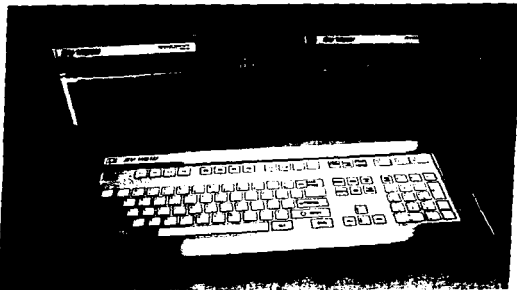


Fig.5-8 Software de Interfase "Despliegue de Hoja de trabajo" desarrollado por Lotus Development Corporation para SquareD.

## FISICOS Y AMBIENTALES

Las características constructivas, en cuanto a los materiales empleados, formas de presentación y dimensiones deben ser analizadas en función de las condiciones mecánicas de la aplicación: aspectos como la forma de realizar el conexionado de los dispositivos I/O (bornas de tornillo o terminales enchufables fast-on) como las mostradas en la fig. 5-9

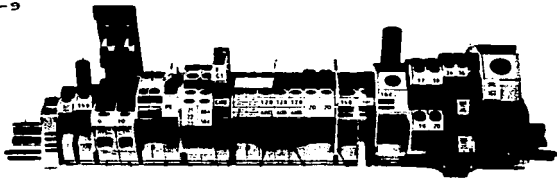


Fig. 5-9 Bornas terminales de Altech Corp. montaje en riel DIN.

La existencia en los módulos de reservas para identificación de I/O y otros pueden ser importantes en relación al personal que debe realizar la instalación y al que debe mantenerla, en cada caso hay que valorar las condiciones ambientales de la instalación, polvo, humedad, temperatura y considerar la necesidad de tomar precauciones al respecto (presurización del armario). En general los fabricantes realizan una serie de pruebas cuyos resultados se reflejan en las características técnicas del equipo: banda de tiempo

ratura de trabajo y almacenaje, vibración soportada, nivel de interferencia, etc. Una forma de identificar el equipo que mejor cumple con los requerimientos de una aplicación es la confección de un gráfico en el que varios ejes representan graduaciones de todas las características ya comentadas. Se elabora una gráfica que resume las exigencias de la instalación y lo mismo se hace con cada uno de los equipos candidatos, luego se superponen los gráficos, lo que da una idea rápida de cuales cubren una mayor área de exigencias para la aplicación en cuestión, según se muestra en la fig. 5-10

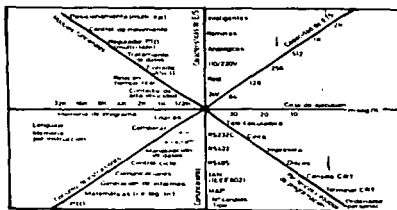


fig. 5-10 gráfico para la selección y aplicación de un PLC.

## APLICACION DE CONTROLADORES PROGRAMABLES

En los procesos industriales de hoy en día, es imperativo contar con sistemas de control automatizado para todo pro caso, es decir que no podemos decir que los PLC's sean adecuados para una aplicación específica, sino que están en todas partes como el "cerebro" de la instalación o planta pero sí podemos decir que existe una estandarización de los sistemas de control empleados, como se ha visto en los capítulos anteriores, los elementos principales que pueden simularse en el Software de un PLC, proporcionan las facilidades esenciales para el control de motores, que son realmente los actuadores de mayor relevancia y presencia en la industria. Es por esto que debemos tener conocimiento y dominio de las unidades de control básicas.

Así pues no basta con hablar de aplicaciones específicas tales como Sistemas de bombeo, Transportadores, Modernización de máquinas herramienta, Sistemas neumáticos, Sistemas de empaque, Embotelladoras, Tratamiento de desperdicios Industria automotriz, etc. debemos tener en cuenta que existe un patrón de elementos de control común que está presente en cada aplicación. No obstante y en vista de que la industria automotriz dio origen al desarrollo de los Controladores lógicos Programables, describiremos a grandes rasgos algunas de las etapas en las que están presentes los PLC.

## Dispositivos de protección de circuitos de control

Las Sociedades internacionales ASA (Asociación Americana de Normalización) NEMA (Asociación Nacional de Constructores de material eléctrico) y la IEEE (Sociedad de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) han normalizado las restricciones sobre la distribución de potencia comercial y los sistemas de control asociados, así, como ya es del conocimiento de todo Ingeniero, los dispositivos de protección y circuitos de control empleados en un arrancador de motor de inducción son los siguientes:

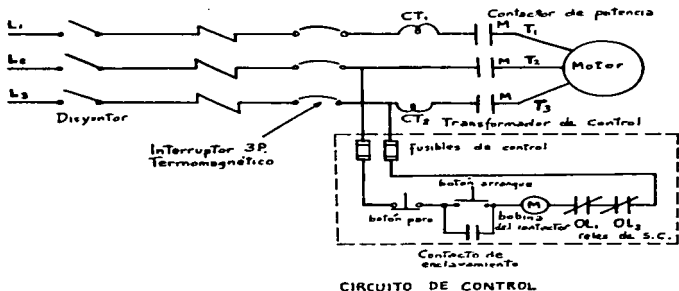


fig. 5-11 dispositivos de protección y control básicos.

Analicemos bajo estas mismas bases el circuito de control para un motor reversible, el cual tendrá los elementos indicados en la fig. 5-12

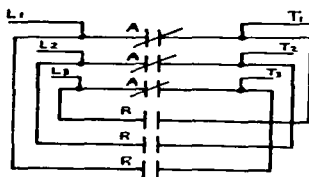
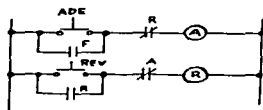


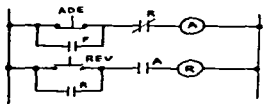
fig. 5-12  
CIRCUITO DE POTENCIA  
Secuencia Adelante-Reverse  
L1-T3 L2-T2 L3-T1



CIRCUITO DE CONTROL

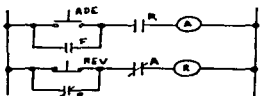
Estación de botones adelante reverse.

1.- Se presiona el botón ADE



Se energiza la bobina A  
Enclava el botón de arranque  
Abre los contactos NC de A  
Cierra los contactos A en el  
circuito de potencia.

2.- Se presiona el botón RE /



Se desenergiza el botón ADE  
Se desenergiza la bobina A y  
R se abre  
Se cierra el contacto A  
Se energiza la bobina R y  
Cierra los contactos R en el  
circuito de potencia.

### Arranque secuencial de 4 motores.

Una aplicación importante es el arranque y paro secuencial de motores, en este ejemplo, el estado de funcionamiento de los motores debe satisfacer los siguientes requisitos:

- 1.- Los motores M1 y M2 no pueden funcionar simultáneamente.
- 2.- El motor M3 debe funcionar cuando funcione M1 o M2 pero no puede funcionar solo.
- 3.- M4 arranca solo cuando operan M1 o M2, cualquiera de los dos que este funcionando y se detenga hará que M4 funcione durante un tiempo prefijado; despues del cual se detendrá.

El circuito de control que satisface dicha secuencia se ilustra en la fig. 5-13

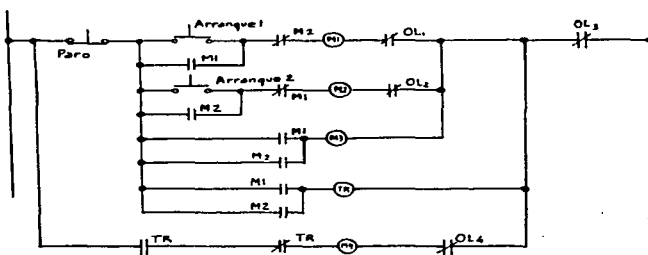


fig. 5-13 Aplicación para arranque en secuencia.

Seguindo la lógica de control se tiene que:

- a) Los contactos NC M1 y M2 proporcionan un entrelace eléctrico para evitar la operación simultánea de los motores M1 y M2.
- b) La combinación en paralelo de los contactos M1 y M2 en serie con la bobina del relé M3 hace que este funcione cuando cualquiera de los dos motores M1 o M2 funcione.
- c) La bobina del relé TR se energiza cuando funciona el motor M1 o el M2, al energizarse TR, los 2 contactos TR en serie con la bobina M4 se invertirán de estado; no existe continuidad a través de M4 cuando M1 o M2 funcionan.
- d) Al presionar el botón PARO, el contacto NC en la línea de control se cierra, sin embargo, el contacto NA de TR permanece cerrado durante un intervalo de tiempo prefijado antes de abrir y M4 funcionará durante ese intervalo.

Una aplicación más del control secuencial y en consecuencia de la aplicación de dicho control secuencial para ser desarrollado por un PLC a través de la lógica de relevado es el arranque múltiple con indicación luminosa.

Considerese que se tienen que arrancar 5 motores de rotor devanado en una instalación de producción automática desde una unidad de mando por medio de un pulsador común con un retardo de tiempo entre cada uno de ellos, una sobrecarga en cualquier motor deberá detenerlos a todos. Una luz en el panel deberá indicar cuando se ha puesto en marcha el 5o. motor, todos los motores deben pararse desde el mismo



centro común. Al referirnos a la fig. 5-14 vemos el circuito de control que satisface la secuencia requerida.

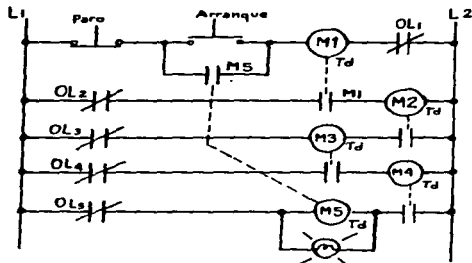
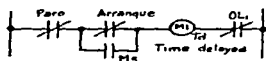


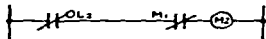
fig. 5-14  
Control de  
secuencia  
arranque múltiple.

Al oprimir el botón de arranque se inicia la secuencia con retraso de tiempo, según el análisis siguiente



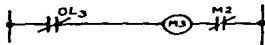
#### Peldaño 1

Se cierra el circuito y después de un tiempo de energizada la bobina M1, arranca el motor 1



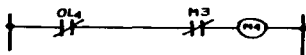
#### Peldaño 2

Se cierra el contacto M1 y después de un tiempo de energizada la bobina M2 arranca el motor M2.

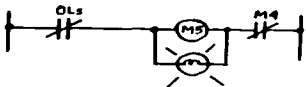


#### Peldaño 3

Se cierra el contacto M2 y después de un tiempo de energizada la bobina M3 arranca el motor M3.



Peldaño 4  
El relevo M3 se cierra y des  
pues de un tiempo de energiza  
da la bobina M4, arranca el  
motor M4.



Peldaño 5  
El relevo M4 se cierra y des  
pues de un tiempo de energiza  
da la bobina M5, se enciende  
la lámpara indicadora y al mis  
mo tiempo el relevo 5 se cierra  
y el ciclo se reinicia.

Si se presiona el botón de PARO se romperá el ciclo.

Vemos ahora como la industria "Auto"-motriz se vuelve  
"Auto"-matizada con el uso de los Controladores Programa  
bles.

Desde la hoja metálica hasta el mando final fuera de la  
línea de ensamble, el automóvil actual, es un producto de  
la automatización, que hoy día se mueve en todas las fa  
ses de la producción generando mas alta productividad y  
mejorando la calidad del producto. Por medio de los PLC'S  
acoplados via red de area local, las operaciones complejas  
pueden llevarse a cabo eficientemente de modo rentable.

Iniciando con la producción del cuerpo del automóvil  
en el area de estampado, una prensa jala la lámina desde  
grandes rollos y la corta a longitudes especificas, estas  
placas son llevadas a las líneas de prensado donde se les  
practican operaciones de corte y formado para crear el cuer  
po del automóvil.

Los controles para las operaciones de prensado y estampado son muy complejas, se usan aproximadamente 55 PLC's en esta area los cuales se comunican mediante una red de area local, lo que permite a cada PLC transferir informacion e instrucciones de manera rápida y precisa. Dentro de cada prensa esta diseñado un control de freno/clutch para seguridad y rentabilidad, el cambio de dados esta programado en el PLC, cuando la operación de cambio esta lista para iniciarse, el operador oprime un botón para iniciar el proceso, en 8 o 9 minutos se completa el cambio de dados, anteriormente este paso llevaba 9 horas

Otras 2 líneas de prensado, incluyen una prensa de doble acción y cuatro o cinco de acción simple. Las de doble acción desarrollan el estampado en dos operaciones primero la porción exterior que se hace desde dentro de la hoja metálica, entonces la sección interior del dado da forma a la parte metálica una vez mas. Despues de que se han formado las partes en el area de ensamble del cuerpo, se procede a soldarlas mediante Robots y control de soldadora dirigidos por un PLC. En la línea de ensamble, también dirigen el sistema de transportación en interfase con las operaciones de los robots y las soldadoras, posicionando las piezas correctamente para su fijación. Los PLC pueden programarse para manejar varios estilos de carrocería en la misma línea de ensamble.

## OPERACIONES DE PINTURA PROGRAMADAS

Después de la estación de ensamble la carrocería se mueve hasta el área de pintura, aquí se empapan con una cubierta protectora y se hornean, posteriormente se aplica un primer, luego entra a la cámara de pintado donde se le aplica su color final. La automatización en las operaciones de pintura en lugar de su control por operarios, mantiene el área más limpia para mejor control de calidad, adicionalmente elimina los riesgos potenciales a la salud para los obreros que trabajaban en las cámaras de spray. Los PLC dirigen la carrocería por las operaciones de pintura, donde hay sensores fotoeléctricos cerca de las cámaras para alertar a los PLC para el siguiente paso, los sensores le dicen en que posición está la carrocería y que parte debe pintar se con pintura electrostática que recibe una carga positiva mientras que la carrocería es puesta a tierra, en esta etapa se utilizan señales de I/O analógicas para establecer comunicaciones con las máquinas de pintado. Los PLC también dirigen el mezclado de pinturas y manejan las temperaturas de aplicación. Después las unidades pasan al ensamble final aquí, los PLC dirigen los transportadores y manejan los fluidos de freno y radiadores, también controlan el balanceo de ruedas. Finalmente cada unidad que sale pasa a la unidad de diagnóstico, controlada por PLC donde se desarrollan las pruebas de aceleración y de frenado.

## CONCLUSIONES

Se ha demostrado la ventaja contundente de los Controladores Lógicos Programables sobre las instalaciones provistas con Relevadores Magnéticos de Control, Temporizadores y Contadores electromecánicos, para desarrollar una secuencia de control específica, más aún, desde el punto de vista de Costo y Rentabilidad, un controlador portátil "Micro 1" provisto con 80 temporizadores, 47 contadores y 160 relevadores internos, funciones de comparación y demás es - tan solo un 10% del costo de la misma cantidad de dispositivos electromecánicos, sin considerar las posibilidades de expansión del PLC.

Quedo demostrado también que se ahorra tiempo de cablesado y se reduce la posibilidad de error de alambrado ya que esto se sustituye por un programa grabado en la memoria ello trae consigo ventajas esenciales como son:

- 1.- Es posible la estandarización de un sistema de control ejecutable por programas de Software.
- 2.- Es posible correr pruebas en pantalla para detectar errores y evitar posibles riesgos.
- 3.- Es posible efectuar en todo momento, cambios, ampliaciones y correcciones al programa sin modificar el cableado ahorrando tiempo y dinero.
- 4.- El tiempo de desarrollo del Automatismo es breve, ya que se reduce la conexión de los captadores a las entradas

accionadores a las salidas y elaboración de una lista de instrucciones para grabarse en la memoria del PLC.

En cuanto al conocimiento de las partes integrales de los PLC's, fueron abordadas y detalladas para su fácil comprensión, lo que permitirá al Ingeniero sentar las bases para efectuar en campo la instalación, desarrollo de programas, mantenimiento y puesta en marcha de cualquier modelo de PLC, eliminando en gran medida la dependencia tecnológica que para estos propósitos tenemos de los técnicos extranjeros.

Se demostró también que para el diseño de programas no es necesario efectuar estudios complicados, sino que basta entender los circuitos básicos de control y la aplicación de la Lógica Booleana.

Conceptos actuales como Bus inteligente y control distribuido y monitoreo a través de Computadores Personales serán fácilmente entendibles por el lector, quien podrá continuar sus estudios a aplicaciones más avanzadas del control secuencial por computador.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- COMPUTER CONTROL OF MACHINES & PROCESSES '  
Por John G. Bollinger y Neil Duffie  
C. 1988 Ed. Addison-Wesley Publishing Co. Inc.
- 2.- INTRODUCTION TO COMPUTER ENGINEERING HARDWARE & SOFTWARE DESIGN,  
Por Taylor L. Booth  
Ed. John Wiley & Sons.
- 3.- "IN PLANT AUTOMATION" AUTOMATION INFORMATION MAGAZINE FROM SQUARE D COMPANY.
- 4.- PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS : ARCHITECTURE & APPLICATION.  
Por Gilles Michel  
Ed. Bernard Girard.
- 5.- COMPUTER LOGIC DESIGN  
Por Mano, M. Morris  
Ed. Prentice Hall, Engelwood Cliffs.
- 6.- INTRODUCTION TO COMPUTER LOGIC  
Por H. T. Nagle, U.D. Carroll & J.D. Irving.  
Ed. Prentice Hall.
- 7.- 16 BIT EMBEDDED CONTROLLER HANDBOOK  
Ed. Santa Clara California: INTEL
- 8.- PROTECTIVE RELAYS: THEORY & PRACTICE  
Por Warrington Albert Russell Van Cortland  
Ed. London Chapman & Hall.
- 9.- MICROCOMPUTERS & MICROPROCESSORS: HARDWARE & SOFTWARE & APPLICATIONS.  
Por Hilburn, John L.  
Ed. Prentice Hall.
- 10.- SOFTWARE DEBUGGING FOR MICROCOMPUTERS.  
Por Bruce, Robert C.  
Ed. Reston Virginia.
- 11.- AUTOMATAS PROGRAMABLES  
Por Andre Simon.  
Ed. Parafino
- 12.- NATURAL LAENGUAGE PROCESSING FOR PROLOG PROGRAMMERS  
por Franklin F. Kuo.  
Ed. Prentice Hall

- 13.- DISCRETE AND COMPUTER CONTROL SYSTEMS  
Por Franklin F. Kuo.  
Ed. Prentice Hall.
- 14.- MICROCOMPUTERS & MICROPROCESSORS HARDWARE & SOFTWARE  
Por Ronald Jr. Tocci, Lester Laskowsky.  
Ed. Prentice Hall
- 15.- FROM HARDWARE TO SOFTWARE: AN INTRODUCTION TO COMPUTERS.  
Por Graham Lee  
Ed. London Mc. Millan
- 16.- METODOS EXPERIMENTALES PARA INGENIEROS  
Por J.P. Holman  
Ed. Mc. Graw Hill
- 17.- RETROALIMENTACION Y SISTEMAS DE CONTROL  
Distéfano III  
Stubberud/Williams  
Ed. Mc Graw Hill
- 18.- AUTOMATAS PROGRAMABLES, PRODUCTICA  
Por Alberto Mayol i Badia  
Ed. Macombo, S.A.,
- 19.- MAQUINAS ELECTRICAS, TRANSFORMADORES Y CONTROLES  
Por Harold W. Gingrich.  
Ed. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs.
- 20.- CIRCUITOS ELECTRICOS  
Por Joseph A. Edminister  
Ed. McGraw Hill.