



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**AUTOMATIZACION DE UN
PROCESO INDUSTRIAL**

T E S I S
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 P R E S E N T A N
 FERNANDO CRUZ LEON
 GUILLERMO CRUZ LEON
 JORGE DURAN ROMERO
 JOSE DE JESUS SUAREZ SERRANO

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO



MEXICO, D. F.

1994

**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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

A mis padres:

Con infinito amor, gratitud y respeto, pues no sólo se han limitado a darme la vida, sino que también me han estimulado y orientado para conseguir este objetivo, entregándome su cariño y comprensión para convertir en realidad este sueño tan anhelado.

A mis hermanos:

Quisiera tener palabras precisas para poder darles las gracias por todo el apoyo y amor brindado durante todo este tiempo, en el que realice uno de mis más grandes metas, ya que sin su ayuda no lo hubiese logrado.

A alguien muy especial:

Por el cariño y confianza que deposito en mi persona, por el apoyo moral que me brindo, por todo el tiempo que paso junto a mí en los momentos más difíciles, ya que sus palabras fueron de gran ayuda para seguir adelante, por lo que te doy las más sinceras gracias.

Con acendrada devoción
dedico este esfuerzo

A mis padres:

GUADALUPE SERRANO.
ROBERTO SUAREZ.

Por todo su estímulo
a mi esposa e hijo:

Lic. BEATRIZ AMEZCUA.
JOSE EDGAR SUAREZ.

Con afecto y justo orgullo
a la FACULTAD de INGENIERIA
a mis maestros
y director de tesis:

Ing. Juan V. Leduc R.

A mi padre:

Con admiración, respeto, cariño y cuyo ejemplo a sido fundamental en mi formación.

A mi madre:

Por su esencia de ser mujer, por su llanto y por su risa.

A mis hermanos:

Por su paciencia y cariño

Miguel Angel
Jesús Armando
María de Lourdes
Irma Leticia

A:

Roberto León
Roberto Castañeda
Enrique
Angélica
Olga

Y a todos nuestro amigos que han confiado en nosotros.

CAPITULO 1. PRINCIPIOS GENERALES DE CONTROL.

1.1	INTRODUCCION	1
1.2	CONCEPTOS DE CONTROL	2
1.3	DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS DE CONTROL ELECTRICO	11
1.4	DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS DE CONTROL ELECTRONICO	16
1.5	SIMBOLOS GRAFICOS	23

CAPITULO 2. SISTEMAS DE CONTROL CONVENCIONAL.

2.1	INTRODUCCION	36
2.2	CONTROL DE DOS Y TRES HILOS	37
2.3	ESTACION DE BOTONES MULTIPLES	38
2.4	CONTROL DE SECUENCIA	39
2.5	CONTROL ELECTRONICO	42
2.6	EJEMPLOS DE CONTROL	44

CAPITULO 3. INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES.

3.1	INTRODUCCION	53
3.2	DESCRIPCION Y CLASIFICACION	53
3.3	SECCIONES BASICAS	57
3.4	ACCIONADORES Y PREACCIONADORES	62
3.5	CAPTADORES	66
3.6	TERMINALES INDUSTRIALES	70
3.7	APLICACIONES INDUSTRIALES	73

CAPITULO 4. INTRODUCCION A LA PROGRAMACION.

4.1	INTRODUCCION	79
4.2	CONCEPTOS DE PROGRAMACION	80
4.3	IDENTIFICACION DE ENTRADA/SALIDA (E/S)	81
4.4	PROGRAMACION DE VARIABLES DE (E/S)	82
4.5	FUNCIONES COMBINATORIAS	84
4.6	TEMPORIZADORES	87
4.7	CONTADORES	89
4.8	BIT'S INTERNOS (BANDERAS)	91
4.9	INSTRUCCIONES PARTICULARES	92
4.10	GRAFSET	96
4.11	PROGRAMACION CON PALABRAS	98

4.12	MODULOS ANALOGICOS	108
4.13	EJEMPLOS DE PROGRAMAS	111

CAPITULO 5. IMPLEMENTACION DE UN CONTROL LOGICO PROGRAMABLE EN UNA FABRICA DE CAMELOS.

5.1	INTRODUCCION	115
5.2	EL PROBLEMA	116
5.3	EL PROCESO DE PRODUCCION	117
5.4	EL PROYECTO DE AUTOMATIZACION	117
5.5	GENERALIDADES DEL SISTEMA	128
5.6	ESTUDIO PREVIO	130
5.7	SELECCION DEL EQUIPO	135
5.8	PROYECTO ELECTRICO	149
5.9	PROYECTO NEUMATICO	161
5.10	DESARROLLO DEL PROGRAMA	162

	CONCLUSIONES.	172
--	----------------------	------------

	BIBLIOGRAFIA.	174
--	----------------------	------------

CAPITULO 1

PRINCIPIOS GENERALES DE
CONTROL

1.1 INTRODUCCION.

El desarrollo del control de procesos industriales ha estado marcado por la evolución de la teoría y técnicas del control, del equipo de medida, regulación y accionamiento. Brindando los medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorando la calidad y abaratar los costos de producción. Disminuye la complejidad de muchas rutinas y de las tareas manuales repetitivas, consiguiendo con esto acelerar la producción evitando reprocesos y pérdidas de materiales. Debido a la necesidad que la industria tiene para automatizar sus procesos industriales el personal debe conocer los elementos básicos para el buen funcionamiento y desarrollo del proceso.

En problema de ajustar los parámetros de los controladores que actúan sobre procesos industriales, de naturaleza casi siempre no lineal y cuyo comportamiento dinámico es mal conocido y/o deriva del tiempo, ha dado lugar al estudio y aplicación del control adaptivo para ajustar de forma automática los parámetros del controlador. En la actualidad las plantas son muy complejas debido a que tienen muchos arranques y paros.

La incorporación de los computadores en la producción es, sin lugar a duda, el elemento puente que está permitiendo lograr la automatización integral de los procesos industriales. La aparición de la microelectrónica y de los microprocesadores ha facilitado el desarrollo de técnicas de control complejas, la robotización, la implementación de sistemas de gobierno y la planificación.

1.2 CONCEPTOS DE CONTROL.

El control de un proceso industrial consiste en mantener ciertas variables lo más constantes posibles o dentro de ciertos límites de un valor preseleccionado. Aquellas pueden ser, por ejemplo, presión, temperatura, caudal, producción, costos, beneficio,... Cuando por efectos de las perturbaciones las variables se apartan del valor deseado, se actúa sobre el elemento o elementos que generan la variable, de modo que ésta tienda a volver al valor deseado. La acción puede ser continua

(aumentar/disminuir, normalmente analógica) o discreta (todo/nada). El control lo dividiremos en tres grados:

- 1) **Control Manual.** El operador conoce los valores deseados y los reales. El mismo operador aplica las correcciones que cree necesarias (fig. 1.2.1a).
- 2) **Control Automático.** La acción del control se ejerce sin intervención del operador, la generará un aparato regulador y es una función del error o diferencia entre el valor deseado y el que se suministra al regulador (fig. 1.2.1b).
- 3) **Control Informático.** La acción de control se toma sin la intervención del hombre. Sus principales características son:
 - Unifica el control automático.
 - Normalmente es multivariable.
 - Permite la automatización y la toma de decisiones.
 - Puede aprender de la experiencia y mejorarse o adaptarse a nuevas decisiones (fig. 1.2.1c).

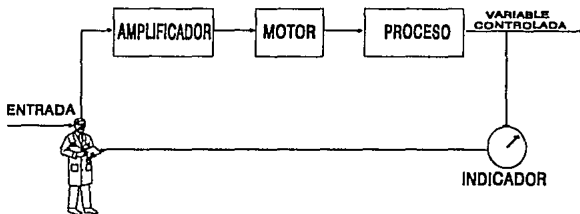


Figura 1.2.1a Control manual.

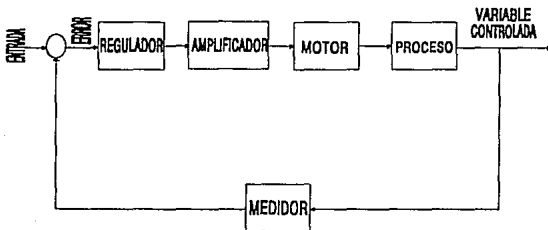


Figura 1.2.1b Control automático.

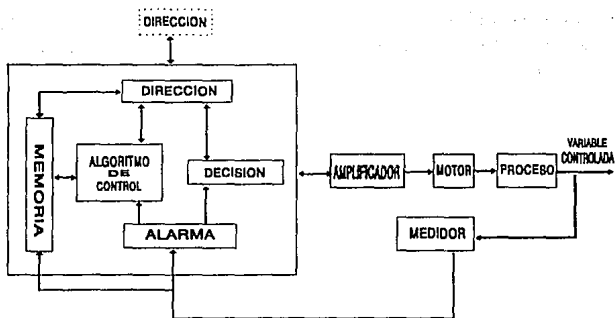


Figura 1.2.1c Control informático.

Planta Industrial. Es un conjunto de equipos destinados a realizar una serie de transformaciones físicas, químicas o térmicas de unas materias primas o brutas para convertirlas en productos de mayor valor o utilidad.

Proceso. Es una operación caracterizada por una serie de cambios progresivamente continuos de acciones controladas o movimientos sistemáticamente dirigidos hacia determinado fin o resultado.

Sistema. Es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo. El concepto de sistema puede ser aplicado a fenómenos abstractos y dinámicos. Tomando el criterio que poseen los sistemas de acuerdo a su comportamiento podemos hacer una clasificación de éstos:

- **Sistema Casual.** La salida producida por un sistema cambia de un estado a otro si la entrada aplicada a éste cambia con anterioridad.
- **Sistema Dinámico.** La salida en un tiempo determinado, depende de la entrada aplicada en ese mismo tiempo y tiempos anteriores.
- **Sistema Estático.** La salida producida en un tiempo determinado depende en forma única de la entrada aplicada en ese mismo tiempo.
- **Sistemas Determinístico.** La salida producida por el sistema depende de una y sólo una entrada.

- **Sistema no Determinístico.** La salida producida depende de una o más entradas.
- **Sistema de Parámetros Concentrados.** El número de variables que intervienen en el sistema es finito.
- **Sistema de Parámetros Distribuidos.** Intervienen un número infinito de variables en el sistema.
- **Sistemas Lineales.** La salida producida por el sistema es la suma de las entradas aplicadas al sistema. Es decir, cumplen con el Principio de Linealidad.
- **Sistemas no Lineales.** Estos sistemas no cumplen con el Principio de Linealidad.
- **Sistemas Continuos.** Las variables que intervienen en el sistemas están en función de tiempos continuos, es decir son variables de tiempo y pueden tomar todos los valores del conjunto de números reales.
- **Sistemas Discretas.** Las variables que intervienen en estos sistemas están en función de tiempos discretos. es decir son variables de tiempo discreto y pueden tomar todos los valores del conjunto de números naturales.
- **Sistemas Invariantes con el Tiempo.** Los parámetros que intervienen en el sistema representan características estáticas, es decir no dependen del tiempo.
- **Sistemas Variantes con el Tiempo.** Los parámetros que intervienen en el sistema representan características dinámicas, es decir son función del tiempo.

Controlabilidad y Observabilidad. Se dice que un sistema es controlable en el tiempo si es posible transferirlo de un estado a otro estado en un intervalo de tiempo finito. Un sistema es observable en el tiempo si, es posible determinar ese estado partiendo de la observación de la salida durante un intervalo de tiempo finito.

Estabilidad. Un sistema de control es estable si la salida retorna a su estado de equilibrio cuando el sistema es sometido a una perturbación.

Perturbación. Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se generó dentro del sistema se denomina perturbación interna, mientras una perturbación externa se generó fuera del sistema.

Control de Realimentación. Es una operación que en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia de un sistema y que lo hace sobre la base de está diferencia (fig. 1.2.2).

Sistema de Control Realimentado. Un sistema de control realimentado es aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada de referencia, comparando ambas y utilizando la diferencia como parámetro de control.

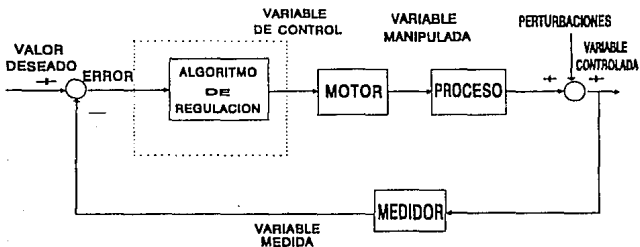


Figura 1.2.2 Control de realimentación.

Servomecanismo. Es un sistema de control realimentado en el cual la salida es una posición, velocidad o aceleración mecánica. Estos sistemas son ampliamente utilizados dentro de la industria moderna.

Sistemas de Regulación Automática. Es un sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia o la salida deseada, son o bien constantes o varían lentamente en el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

Sistema de Control de Procesos. Un sistema de regulación automática en el que la salida es una variable como temperatura, presión, flujo, nivel de líquido o PH, se llaman sistemas de control de procesos. El control de procesos tiene amplia aplicación en la industria.

Sistemas de Control de Lazo Cerrado. Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Estos son sistemas de control realimentado, la señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación (que puede ser la señal de

salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra al detector o control de manera de reducir el error y llevar la salida al valor deseado (fig. 1.2.3).

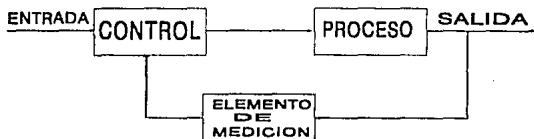


Figura 1.2.3 Control de lazo cerrado.

Sistema de Control de Lazo Abierto. Son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. Es decir la salida ni se mide ni se realimenta para obtener el valor deseado. Por lo tanto a cada entrada de referencia corresponde una operación fija, la exactitud del sistema depende de la calibración, en presencia de perturbaciones el sistema no cumple con su función asignada. Los sistemas de control de lazo abierto funcionan sobre una base de tiempos (fig. 1.2.4).



Figura 1.2.4 Control de lazo abierto.

Sistemas de Control Adaptados. Las características dinámicas de los sistemas de control no son constantes por diversas razones; como por deterioro de los componentes al transcurrir el tiempo o las modificaciones de los parámetros o en el medio ambiente. Aunque es un sistema de control realimentado se atenúan los efectos de pequeños cambios en las características dinámicas, si las modificaciones de los parámetros del sistema y en el medio son significativas, un sistema para ser satisfactorio implica la capacidad de autoajustarse o automodificarse de acuerdo con modificaciones imprevisibles del medio o del sistema. Los sistemas de control que tienen un grado de capacidad de adaptación, se denominan sistemas de control adaptados. En estos sistemas las características dinámicas deben ser identificadas en todo momento de manera que todos los parámetros de control o detección puedan ajustarse para mantener el funcionamiento óptimo.

Sistemas de Control con Aprendizaje. Los sistemas de control que aparentemente son de lazo abierto pueden ser convertidos a sistemas de control de lazo cerrado si se considera un detector o control humano que compare la entrada y la salida y realice las acciones correctivas basadas en la diferencia resultante o error, este concepto de sistema es nuevo y no ha sido estudiado a fondo.

Válvula o Motor. Es el elemento que amplifica la potencia de la señal de salida del regulador y la suministra al proceso. Por ejemplo convierte los psi. o mA. del regulador a rpm. A veces puede añadirse un posicionador para aumentar la velocidad o calidad de la respuesta de la válvula, a las señales dadas por el regulador.

Regulador. El regulador recibe la señal de entrada y la variable medida, las que compara en un sumador. Además consta del algoritmo de control.

Medidor. El medidor convierte la variable controlada que no cumple con las especificaciones del regulador en la variable medida que si la cumple, a veces puede añadirse un transmisor si la distancia entre el medidor y el regulador es demasiada elevada, para asegurar la calidad de la variable medida al llegar al regulador (fig. 1.2.5).

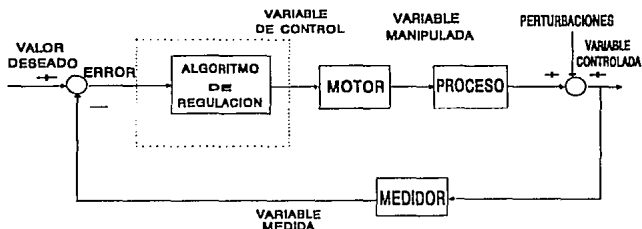


Figura 1.2.5 Control con regulador y medidor.

Controladores Automáticos. La forma en que el control automático produce la señal de control recibe el nombre de acción de control. De acuerdo a su acción de control se pueden clasificar los controladores automáticos industriales en:

- A) Controladores de dos posiciones. Es un controlador ON-OFF, la señal correctora sólo puede tener dos valores iguales y de signo contrario. Por lo general son dispositivos eléctricos o una válvula accionada por un solenoide.
- B) Controlador de acción proporcional. De este controlador se obtiene una salida que cambia proporcionalmente con el error del sistema. Un controlador es de acción directa cuando la señal de medición aumenta con signo negativo. Un controlador es de acción inversa cuando una disminución en la señal de medición ocasiona que la salida del controlador aumente, matemáticamente se representa:

$$u(t) = \pm K_c \cdot e(t)$$

donde: K_c = Ganancia proporcional.

$e(t)$ = Señal de error.

$u(t)$ = Señal del controlador.

- C) Controlador Integral. Cuando se desea eliminar el error de offset suele usarse la acción integral. En este tipo de acción la variable de salida es proporcional a la integral del error con respecto al tiempo lo cual lo podemos representar matemáticamente como:

$$M(t) = \pm \frac{1}{Tr} \int_0^t e(t) dt$$

donde: Tr = Constante de tiempo integral.

Como es sabido, la señal de un integrador puede ser diferente de cero aunque la señal de entrada llegue a ser cero; esta característica es aprovechada para hacer que el controlador produzca una señal de corrección de estado permanente siendo el error igual a cero. Como la salida del controlador queda flotando, este tipo de control también se le denomina Control Flotante y puede usarse en procesos dominados por tiempo muerto. El control de acción integral responde tanto a la amplitud como a la duración de la desviación, el único inconveniente que presenta es el peligro de hacer oscilar la variable controlada.

- D) Control Proporcional + Integral. Para evitar el riesgo de hacer oscilar la variable controlada a la acción integral se le suma la acción proporcional, el error de

offset puede ser corregido. La suma de la acción integral logra automáticamente lo que la acción proporcional requería hacer con restablecimiento manual. Es por esta razón que a la acción integral se le conoce como Reset. La combinación de estas dos acciones logra que la respuesta del sistema a las perturbaciones satisfaga los requerimientos de velocidad como exactitud. La acción proporcional tiene como fin dar estabilidad y evitar un gran sobrepaso inicial mientras que la acción integral tiene por objeto eliminar el error de offset.

- E) Control Derivativo. La acción de control derivativo agrega a un control proporcional un medio de obtener control con alta sensibilidad. Una ventaja de usar control derivativo, es que responde a la velocidad de variación del error actuante y puede producir una corrección significativa antes que el valor de error se haga excesivo. De este modo el control derivativo se anticipa al error actuante e inicia una acción correctiva temprana y tiende a aumentar la estabilidad del sistema. Aunque no afecta directamente al error el estado estacionario añade amortiguamiento al sistema y por lo tanto, permite usar un valor de ganancia más elevado, lo que permite un mejoramiento de la exactitud del estado de régimen. Como el control derivativo actúa con la velocidad de variación del error actuante y no con el error actuante en sí, esta acción nunca es usada sola. Se usa siempre con la acción proporcional o acción integral, es decir:

$$M(t) = Kc \left[e(t) + Td \frac{de(t)}{dt} \right]$$

donde: Td = Tiempo Derivativo.

- F) Controlador de Acción Proporcional Integral Derivativa. La combinación de los efectos de la acción proporcional, integral y derivativa forma lo que se le conoce como Controlador de Tres Modos. Este controlador reúne las características de cada una de las tres acciones de control individual. La representación matemática de un controlador PID está dada por la siguiente ecuación:

$$u(t) = Kc \left[e(t) + \frac{1}{Tr} \int_0^t e(t) dt + Td \frac{de(t)}{dt} \right]$$

1.3 DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS DE CONTROL ELECTRICO.

La energía eléctrica puesta a disposición de industriales no puede estar conectada permanentemente a una carga, es pues necesario emplear sistemas de conmutación de potencia que permitan el transporte o interrupción de la energía eléctrica de la red a la carga (motor, bobina, piloto, etc...).

Los dispositivos piloto o auxiliares de mando son utilizados para controlar pequeñas intensidades que atraviesan la bobina de mando de un contactor. De este modo puede ser mandado el motor o receptor, ya sea por un operador (mando manual) o mediante una magnitud física (mando automático). Los auxiliares de mando están equipados de un determinado número de contactos (fig. 1.3.1):

N.A. Normalmente Abierto.

N.C. Normalmente Cerrado.

N.A. + N.C. Normalmente Abierto y Normalmente Cerrado.

N.C. + N.C. Normalmente Cerrado y Normalmente Cerrado.

N.A. + N.A. Normalmente Abierto y Normalmente Abierto.



Figura 1.3.1 Auxiliares de mando.

Algunos auxiliares de mando están destinados a ser fijos sobre los paneles de chapa de los pupitres o sobre las máquinas, la mayor parte de ellos están montados en cajas en función de los factores de explotación y de ambiente. La envoltura protege: al personal contra los contactos involuntarios o accidentales con las piezas en tensión, a la unidad de mando, contra el polvo, las proyecciones de líquidos, los choques. etc...



Figura 1.3.2 Dispositivo piloto.

Mando Manual. Los dispositivos que permiten traducir el fenómeno físico o el movimiento a controlar en señales eléctricas se denominan auxiliares de mando operados por intervención humana. Su elección se realiza teniendo en cuenta las condiciones de utilización y la naturaleza de la intervención. El mando manual debe:

1. Garantizar la seguridad del personal al igual que la máquina controlada.
2. Ser sencillo, seguro, robusto, resistir eventualmente a un choque anormal.
3. Evitar al operador, mediante la elección juiciosa del emplazamiento de los aparatos, los desplazamientos y movimientos inútiles y fatigosos.
4. Prohibir la puesta en marcha de la máquina si no se toman ciertas precauciones (puertas cerradas, funcionamiento del circuito de refrigeración, engrase,...).
5. Permitir el arranque y la parada mediante varios puestos de mando.
6. Impedir todo arranque imprevisto después de un corte de corriente.

Las condiciones de utilización, el lugar de utilización y la característica de los circuitos controlados, son los criterios principales que determinan la elección de los auxiliares de mando manual. Para llevar a cabo el mando manual contamos con:

- Cajas de Pulsadores y Unidades de Mando Empotrables.
- Pulsadores.
- Botones Giratorios.
- Unidades de Señalización.
- Cajas de pulsadores Colgantes.
- Manipuladores.
- Combinadores.

Mando Automático. El mando automático está sometido a fenómenos físicos, eléctricos, el contactor puede ser mandado por el desplazamiento de un móvil, de una variación de nivel (interruptor de flotador), de temperatura (termostato), por una presión (preostato), una depresión (vacuómetro) por el viento (anemómetro)... Las células fotoeléctricas son usadas frecuentemente Los móviles en desplazamiento, el accionar las levas de los contactos colocados en su recorrido permiten el funcionamiento y el control de las máquinas automáticas muy complejas. Para evitar cualquier preocupación al usuario el mando automático debe ser sencillo, seguro, adaptado, robusto y fiel, debiendo repetirse las operaciones según un ciclo definido. La diversidad de los auxiliares de mando y las diversas formas de cableado

permiten realizar equipos poco costosos ofreciendo todas las garantías de seguridad tanto para el personal como para la máquina. Para llevar a cabo el mando automático contamos con:

- Interruptores de límite o de posición, también llamados de fin de carrera.
- Detectores estáticos o de proximidad (fig. 1.3.3).
- Detectores fotoeléctricos.
- Interruptores de flotador.
- Preostatos.
- Vacuómetro.
- Relés.
- Temporizadores.
- Conmutadores cíclicos o programadores.
- Servomotores.

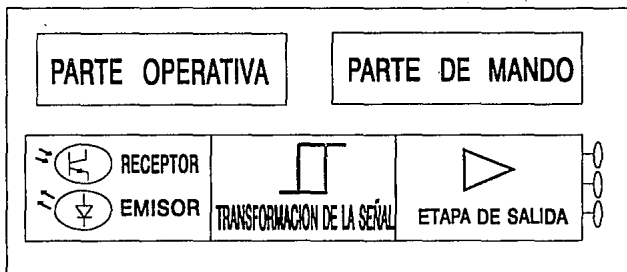


Figura 1.3.3 Detector estático o de proximidad.

Motor Asíncrono. Es un elemento que transforma la energía eléctrica absorbida en energía mecánica cedida bajo el principio de Inducción Electromagnética. Se compone fundamentalmente de un estator y un rotor, ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatóricos y rotóricos respectivamente. Al aplicar una tensión en las terminales de estator se produce una fuerza magnetomotriz uniforme y giratoria. Si suponemos que el rotor es de tipo jaula de ardilla, en cada barra se induce una fuerza magnetomotriz de sentido

opuesto; ésta hace circular una corriente y se produce un par que hace girar el rotor.

Si aplicamos la tensión directamente al motor, en el instante de arranque se generará una corriente de hasta 7 veces la I_n . Este método se conoce como arranque a tensión plena y se utiliza en motores de bajas capacidades. Para motores de mayor capacidad existen métodos de arranque:

- Arranque Estrella-Triángulo. Este sistema consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en estrella mientras se pone en movimiento, y una vez alcanzado aproximadamente el 70% de su velocidad nominal se conecta en triángulo, esto ocurre en algunos segundos y la corriente de arranque estará entre 1.3 y 2.6 de su I_n .
- Arranque por Resistencias Estatóricas. En este sistema se intercalan, en serie con el estator un grupo de resistencias entre la red de alimentación, durante el período de aceleración a fin de reducir la tensión aplicada.
- Arranque por Autotransformador. Consiste en utilizar un autotransformador conectado en estrella con una serie de salidas con tensiones fijas, para ir aplicando al motor tensiones cada vez mayores para conseguir su arranque, eso se hace a medida que se va acelerando hasta dejar el motor conectado a tensión plena.

Si el motor fuese de rotor bobinado utilizaríamos un arranque por resistencias rotóricas dado que este tipo de motores lleva un bobinado trifásico en estrella, que se aloja en las ranuras que lleva su núcleo. Los extremos del bobinado se llevan al colector sobre los cuales se apoyan las escobillas. Este método consiste en conectar en serie unas resistencias exteriores con las bobinas del rotor de modo que se vayan eliminando a medida que el motor va acelerando hasta llegar a cortocircuitar el circuito del rotor en el momento en que haya alcanzado su I_n (fig. 1.3.4).

MOTORE DE JAULA					MOTORES DE ANILLO
	ARRANQUE DIRECTO	ARRANQUE EST. TRIAN	ARRANQUE ESTATORICO	ARRANQUE AUTO-TRANS	ARRANQUE ROTORICO
ARRANQUE	4 A 8 In	1.3 A 2.6 In	4.3 In	1.7 A 4 In	~2.5 In
PAR INICIAL	0.6 A 1.5 Cn	0.2 A 0.5 Cn	0.4 A 0.85 Cn	0.4 A 0.85 Cn	~2.5 Cn
VENTAJAS	ARRANCADOR SIMPLE PAR DE ARRANQUE IMPORTANTE	ARRANCADOR RELATIVAMENTE BARATO	POSIBILIDAD DE REGULACION DE LOS VALORES DE ARRANQUE. NO HAY CORTE DE LA ALIMENTACION DURANTE EL ARRANQUE	PAR BUENA REGULACION DE LOS VALORES DE ARRANQUE. NO HAY CORTE DE LA ALIMENTACION DURANTE EL ARRANQUE	MUY BUENA RELACION P/VAL. POSIBILIDAD DE REGULACION DE LOS VALORES DE ARRANQUE. NO HAY CORTE DE LA ALIMENTACION DURANTE EL ARRANQUE
INCONVENIENTES	PUNTA DE INTENSIDAD MUY IMPORTANTE. ASEGURARSE QUE LA RED ADMITE ESTA PUNTA. NO PERMITE ARRANQUE LENTO.	PAR PEQUEÑO EN EL ARRANQUE. NO HAY POSIBILIDAD DE REGULACION. CORTE DE ALIMENTACION EN EL CAMBIO DE ACOPLAMIENTO Y FENOMENOS ALEATORIOS. MOTOR BOBINADO EN TRIANGULO.	PEQUEÑA REDUCCION DE LA PUNTA DE ARRANQUE. NECESITA RESISTENCIAS.	NECESITA UN AUTO-TRANSFORMADOR COSTOSO.	MOTOR DE ANILLO MAS COSTOSO. NECESITA RESISTENCIAS.
DURACION MEDIA DEL ARRANQUE	1 A 3 SEG.	3 A 7 SEG.	7 A 11 SEG.	7 A 12 SEG.	3 TIEMPOS 1.5 SEG. 4 Y 5 TIEMPOS 5 SEG.
APLICACIONES TIPICAS	PEQUEÑAS MAQUINAS ARRANCANDO A PLENA CARGA.	MAQUINAS ARRANCANDO EN VACIO. VENTILADORES Y BOMBAS CENTRIFUGAS DE PEQUEÑA POTENCIA.	MAQUINAS DE FUERTE INERCIA SIN PROBLEMAS PARTICULARES DE PAR Y DE INTENSIDAD EN EL ARRANQUE.	MAQUINAS DE FUERTE POTENCIA O DE FUERTE INERCIA EN LOS CASOS DONDE LA REDUCCION DE LA PUNTA DE INTENSIDAD ES UN CRITERIO IMPORTANTE.	MAQUINAS DE ARRANQUE EN CARGA, DE ARRANQUE PROGRESIVO, ETC.,

Figura 1.3.4 Resumen de características de los diferentes métodos de arranque

1.4 DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS DE CONTROL ELECTRONICO.

Los dispositivos electrónicos usados en los sistemas de control e instrumentación se están incrementando considerablemente por la introducción de los semiconductores. La miniaturización de los años recientes se ha traducido en sistemas completos con miles de elementos semiconductores que el único fin de su envoltura es hacerlo manejable y asegurar que las terminales permanezcan bien soldadas a la oblea semiconductora. Las ventajas que presentan con respecto a los sistemas de control elaborados con tubos son: más pequeños y livianos, menos pérdidas por calentamiento, más eficientes y construcción más sólida (fig. 1.4.1).

Diodo Rectificador. Su característica funcional es presentar baja resistencia al paso de la corriente cuando se polariza directamente y alta resistencia al paso de la corriente cuando se polariza inversamente. Son aplicados comúnmente en rectificadores, demoduladores, compuertas lógicas, formadores de onda, sujetadores...

Diodo Zener. Su característica funcional es la región de ruptura zener, la cual es abrupta, permitiendo que éste funcione como referencia de voltaje confiable. Son aplicados comúnmente en reguladores de voltaje, limitadores, circuitos de potencia celdas de referencia...

Fotodiodo. Este es un diodo al que se hace una ventana para que indique luz en la unión P-N. Son aplicados comúnmente en alarmas, contadores de material, control industrial, control remoto, controles fotoeléctricos, aperturas de puertas, comunicación por fibra óptica, ignición transistorizada...

Diodo Led. Este dispositivo tiene la peculiaridad de emitir luz, ya sea en el rango infrarrojo o en el espectro visible, tiene la ventaja de ser un foco indicador con muy poca energía de excitación. Son empleados ampliamente en focos pilotos, emisor infrarrojo, comunicación por fibra óptica, controles fotoeléctricos, ignición transistorizada, contadores, controles industriales...

Optoacoplador. Este dispositivo involucra internamente un diodo led y un fototransistor y, sirve para acoplar dos sistemas independientes ya que se transfiere

la información desde el led hacia el fototransistor. Son aplicados en circuitos de disparo, conmutación, interfaces digitales y con las líneas telefónicas, control digital...

Transistor Bipolar NPN. La corriente de colector es constante para un valor constante de corriente de base. Son aplicados en amplificadores, osciladores, convertidores de energía, salidas de potencia...

Transistor Bipolar PNP. Este dispositivo es el complemento del transistor NPN y tiene las mismas aplicaciones...

Transistor de Efecto de Campo. Se tiene un canal semiconductor el cual modula su sección transversal conductora mediante la aplicación de un campo eléctrico al polarizar inversamente la unión entre la compuerta y el canal obteniéndose de esta forma una resistencia variable entre drenaje y fuente. Se aplican en preamplificadores de audio, amplificadores de alta impedancia de entrada instrumentación, medidores de PH, reguladores de corriente...

Diodo Controlado por Silicio. Cuando el voltaje de ánodo-cátodo es positivo, el diodo puede ser disparado al introducir una corriente en la compuerta, permaneciendo en conducción hasta que la corriente del ánodo es muy pequeña o se reduce a cero. Se aplican en convertidores de ac/dc, dc/ac, control de potencia, control de fase invertidores, fuentes de poder, limitadores de potencia...

Triac. Funciona igual al diodo controlado de silicio, pero éste dispositivo es simétrico y puede conducir en ambos sentidos y ser disparado tanto con voltajes positivos como con voltajes negativos en la compuerta. Son aplicados en invertidores, cicloconvertidores, control de fase, controles de velocidad, reguladores de c.a., controles de potencia...






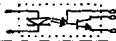



DISPOSITIVO	SÍMBOLO
DIODO RECTIFICADOR	
DIODO ZENER	
FOTODIODO	
DIODO LED	
TRANSISTOR BIPOLAR PNP-NPN	
OPTOACOPLADOR	
TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO	
DIODO CONTROLADO POR SILICIO	
TRIAC	

Figura 1.4.1 Dispositivos electrónicos.

Compuertas Lógicas. La lógica digital es una ciencia de razonamiento numérico aplicada a circuitos electrónicos que realizan decisiones del tipo sí entonces. Si una serie de condiciones ocurre entonces una acción particular resulta. Una compuerta lógica (fig. 1.4.2) es un circuito electrónico con dos o más líneas de entrada y una línea de salida que tiene la capacidad de realizar decisiones. La decisión tomada por una compuerta lógica consiste en situar la salida en '1' o '0' dependiendo del estado de las entradas y de la función lógica para la cual ha sido diseñada. Una operación lógica compleja que requiere de varias compuertas lógicas para su realización y cuya respuesta depende de la combinación de las entradas son llamados circuitos de lógica combinacional. Cuando se debe tomar una decisión basada en la información previa se utilizan circuitos especiales de memoria llamados Flip-Flop's. Donde generalmente ocurre una secuencia de eventos, en un orden definido, antes de ocurrir una salida, a estos circuitos dotados de memoria se les llama circuitos lógicos secuenciales.


SIMBOLO GRAFICO	NOMBRE	FUNCION ALGEBRAICA
	AND	$F=XY$
	OR	$F=X+Y$
	INVERSOR	$F=X'$
	SEPARADOR	$F=X$
	NAND	$F=(XY)'$
	NOR	$F=(X+Y)'$
	OR exclusiva XOR	$F=XY'+X'Y$
	NOR exclusiva	$F=XY+X'Y'$

Figura 1.4.2 Compuertas lógicas.

Microprocesadores. Los microprocesadores son una nueva generación de chips muy interesantes (fig. 1.4.3). Ha significado una verdadera revolución en el campo del diseño industrial. Actualmente las aplicaciones de los microprocesadores cubren diversos sectores entre los que cabría destacar:

Controladores Programables; automatismos industriales, máquinas-herramientas...

Instrumentación; terminales interactivos, analizadores lógicos, instrumentación biomédica...

Controladores de Periféricos; unidades de discos, controladores de impresoras, unidades de cintas...

Control de Procesos. Sistemas de control y supervisión...

Unidades de Proceso Aritmético y Contable; ordenadores de gestión, cajas registradoras...

Sistemas para la Comunicación; transmisores y receptores de datos...

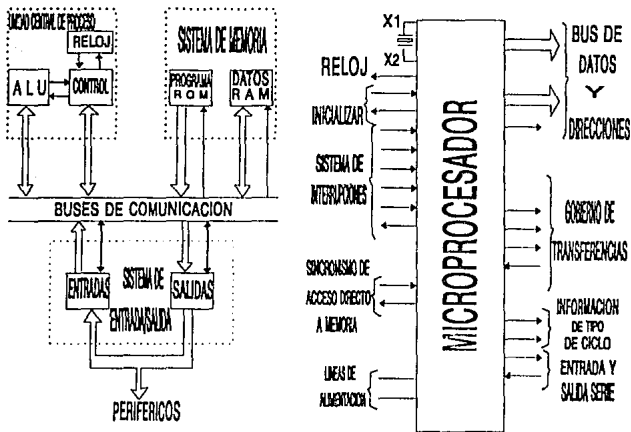


Figura 1.4.3 Microprocesadores.

Control Electrónico de Motores. El objeto de un sistema de control de motores es gobernar uno o más de los siguientes parámetros: la velocidad de la flecha, la posición angular de la flecha, el par de la misma y la potencia mecánica de salida. Es de vital importancia la relación en que se apoyan las cantidades eléctricas de entrada frente a las cantidades mecánicas de salida en el diseño y análisis del control electrónico. La trayectoria de retroalimentación se indica por medio de las líneas puntadas.

Control de Motores de Corriente Continua. Este control se logra principalmente a base de SCR's para modular los voltajes de entrada a la armadura y/o al campo del motor. Para una fuente de corriente alterna se emplean los rectificadores controladores de fase; para una fuente de corriente continua se emplean circuitos intermitentes o pulsadores.

Control de Motores de Corriente Alterna. El control de velocidad de la mayoría de los motores de corriente alterna se logra por medio de Inversores o cicloconvertidores. Los motores de corriente alterna monofásicos pequeños se logra

en ocasiones por triac's o transistores de potencia que regulan la fase de corriente de entrada al motor.

Cicloconvertidores. Son dispositivos de control usados en motores de velocidad variable alimentados por una fuente de corriente alterna, es un medio de convertir una fuente de voltaje fijo (pico) y frecuencia fija en una salida con voltaje variable y frecuencia variable.

Inversores. Un inversor convierte la corriente continua en alterna al voltaje y frecuencia deseados. Un diagrama funcional de bloques (fig. 1.4.4a) muestra los dos esquemas de variación de velocidad de un motor de corriente alterna por medio de variación de frecuencia, donde se usa un mecanismo como el rectificador controlado o un pulsador conjuntamente con el inversor para mantener una relación constante entre el voltaje y la frecuencia (fig. 1.4.4b).

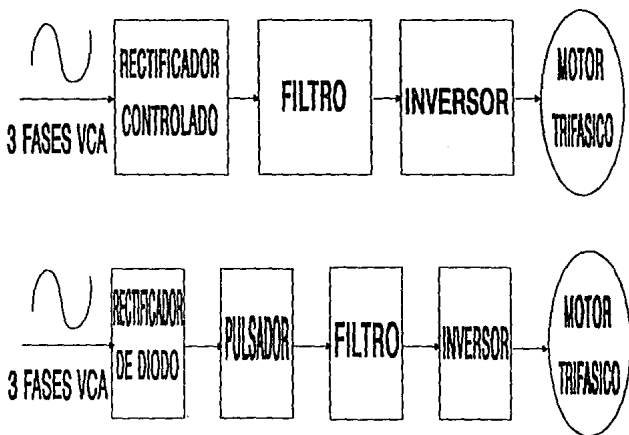


























Figura 1.4.4.a Diagrama de bloques de un inversor.

TIPO DE ACCIONAMIENTO	ESQUEMA	CARACTERISTICAS
CON AUTO-TRANSFORMADOR VARIABLE DE SALIDA.		RESPUESTA LENTA, VOLUMINOSO, MANTENIMIENTO CARO, SIMPLE Y FIABLE, CARO, ONDA DE SALIDA CONSTANTE
DOS INVERSORES DEFASADOS		RESPUESTA RAPIDA, GRAN CONTENIDO DE ARMONICOS A BAJA VELOCIDAD, INSERVIBLE A BAJA VELOCIDAD.
MODULACION DE IMPULSOS IGUALES		RESPUESTA RAPIDA, EL CAMBIO DE CONTENIDO DE ARMONICOS PUEDE CAUSAR VIBRACION.
MODULACION SENOIDAL DE IMPULSOS		RESPUESTA RAPIDA, POSIBILIDAD DE MUY BAJO CONTENIDO DE ARMONICOS, PUEDE HABER C.C. DE SALIDA.
TROCEADOR MAS INVERSOR		RESPUESTA RAPIDA, ONDA DE SALIDA CTE. SIMPLE Y DE FACIL MANTENIMIENTO.
CON AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE.		RESPUESTA LENTA, SIMPLE, VOLUMINOSO, CARO, ONDA DE SALIDA CTE.
CON RECTIFICADOR DE ENTRADA CONTROLADO		RESPUESTA MEDIA, ONDA DE SALIDA CTE, SIMPLE Y FIABLE, BARATO.
INVERSOR COMO FUENTE DE INTENSIDAD		RESPUESTA MEDIA, POTENCIA REGENERATIVA PUEDE DEVOLVERSE A LA RED, NO SIRVE PARA VARIOS MOTORES.

Figura 1.4.4b Diferentes esquemas de variación de velocidad de un motor de corriente alterna por medio de variación de frecuencia utilizando un inversor.

1.5. SIMBOLOS GRAFICOS.

NATURALEZA DE LAS CORRIENTES, CONDUCTORES, BORNAS Y CONEXIONES	
Corriente alterna	
Corriente continua	
Corriente ondulada o rectificadada	
Corriente alterna trifásica 50 Hz	3  50Hz
Puesta a tierra	
Puesta a masa	
Tierra de protección	
Conductor, circuito auxiliar	
Conductor, circuito principal	
Haz de 3 conductores	
Representación unifilar	
Conductor neutro	
Conductor de protección	





Conductores blindados (apantallados)	
Conductores trenzados	
Cruce sin conexión	
Cruce con conexión	
Punto de conexión	
Bornas de conexión	
Bornero de conexión (Regleta terminal)	
Clavija macho	
Toma hembra	
Clavija y toma asociadas	
Conectores acoplados 1) parte móvil, macho. 2) parte fija, hembra	









SEÑALIZACION	
Lámpara de señalización o de alumbrado	
Dispositivo luminoso intermitente	
Si se desea precisar	
el color:	el tipo:
Rojo C2	Neón Ne
Naranja C3	Vapor de sodio Na
Amarillo C4	Mercurio Hg
Verde C5	Yodo I
Azul C6	Electroluminiscente EL
Blanco C9	Fluorescente FL
	Infrarojo IR
	Ultravioleta UV
Bocina	
Timbre	
Sirena	
Zumbador	
CONTACTOS	
El sentido de desplazamiento de los contactos es el siguiente: de la izquierda hacia la derecha y de abajo hacia arriba, representación que figura siempre en posición de reposo	
Contacto "cierre" NA (símbolo general) 1) principal 2) auxiliar	
Contacto "apertura" NC (símbolo general) 1) principal 2) auxiliar	













Contacto de dos direcciones con un punto central en posición de apertura	
Contacto de dos direcciones sin solapado (apertura antes que el cierre)	
Contactos de dos direcciones solapados	
Contacto de paso — cierre momentáneo el trabajo	
— cierre momentáneo al reposo	
Contacto a... retardado (actúa más tarde que los otros contactos de un mismo conjunto (NC/normalmente cerrado, NA/normalmente abierto)	
Contacto . . . temporizado al trabajo (*NC/normalmente cerrado, NA/normalmente abierto)	
Contacto . . . temporizado al reposo (*NC/normalmente cerrado, NA/normalmente abierto)	

<p>Interruptor de posición (símbolo general) Contacto NA/cierra, NC/apertura</p>	
<p>Conmutador unipolar de 4 direcciones con diagrama de posición</p>	
<p>Interruptor (símbolo general)</p>	
<p>Interruptor seccionador</p>	
<p>Seccionador</p>	
<p>Seccionador fusible</p>	
<p>Disyuntor</p>	
<p>Contacto</p>	
<p>Ruptor</p>	

ORGANOS DE MANDO O DE MEDIDA	
Organo de mando	
- de 2 arrollamientos	
- representación desarrollada	
- de acción retardada	
- de reposo retardado	
- de un relé intermitente	
- de un relé de impulso	
- de acción y reposo retardados	
Relé de medida o dispositivo semejante (símbolo general)	
- de sobrecorriente de efecto magnético	
- de sobrecorriente de efecto térmico	
- de sobrecorriente de efecto magnetotérmico	

— de máxima intensidad	
— de mínima tensión	
— accionado por presión	
— accionado por el nivel de un fluido	

MATERIALES O ELEMENTOS DIVERSOS	
Fusible	
Fusible con percutor	
Rectificador	
Puente rectificador	
Tiristor	
Condensador	
Pila o acumulador	
Resistencia	

Shunt	
Inductancia	
Potenciómetro	
Línea de separación	
Variabilidad intrínseca lineal	
no lineal	
Variabilidad extrínseca lineal	
no lineal	
Variabilidad con ajuste determinado	
Varistancia	
Transformador de tensión	
Autotransformador	

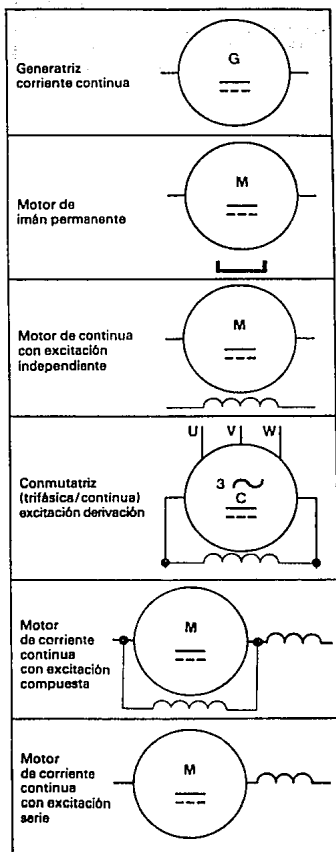
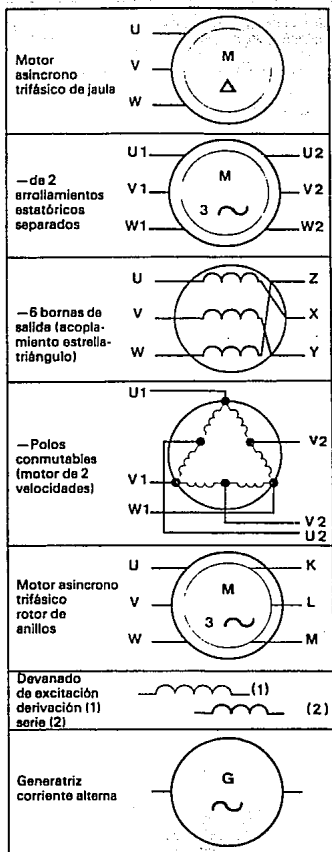
Transformador de intensidad	
Pararrayos	
Arrancador	
Ej. arrancador estrella-triángulo	
Aparato indicador (símbolo general)	
— amperímetro	
Aparato registrador (símbolo general)	
— amperímetro registrador	
Contador	
— amperímetro/hora/metro	
Contador de impulsos	
Detector de proximidad	
Reloj	

Válvula	
por ejemplo: electro-válvula	
Freno	
— con freno apretado	
— con freno sin apretar	

MANDOS MECANICOS	
Enlace mecánico, neumático...	
Dispositivo de enganche	
1) metido	
2) liberado	
Retorno automático	
Retorno no automático	
— enganchado	
Enclavamiento mecánico	

Mando mecánico manual (símbolo general)	
— por pulsador (retorno automático)	
— por tirador (retorno automático)	
— rotativo (de enganche)	
— de seta	
— por volante	
— por pedal	
— de acceso restringido	
— por palanca	
— por palanca con maneta	
— por llave	
— por manivela	

Enganche por pulsador de desenganche automático	
Mando — por roldana	
— por palanca y roldana	
— por motor eléctrico	
— neumático o hidráulico	
1) de simple efecto 2) de doble efecto	
Traslación	— hacia la derecha
	— hacia la izquierda
	— en ambos sentidos
Rotación	— sentido directo
	— sentido inverso
	— en ambos sentidos
	— limitado en ambos sentidos



MAGNITUDES Y UNIDADES DE MEDIDA

Magnitudes		Unidades		
Nombres		Simbolos	Nombres	Simbolos
Acceleración lineal		g	Metro por segundo cuadrado	m/s ²
Altura		h	Metro	m
Anchura		b	Metro	m
Angulo plano		α	Radian	rad
			Grado (de arco)	°
			Minuto (de arco)	'
			Segundo (de arco)	"
Calentamiento		Δ θ	Kelvin o grado Celsius	K ó °C
Cantidad de calor		Q	Julio	J
Cantidad de electricidad		Q	Culombio	C
Capacidad		C	Faradio	F
Constante de tiempo		τ	Segundo	S
Densidad de corriente		J	Amperio por metro cuadrado	A/m ²
Deslizamiento		s		
Diámetro		d	Metro	m
Diferencia de potencial		U	Voltio	V
Energía		E ó W	Julio	J
Espesor		d	Metro	m
Flujo magnético		Φ	Weber	Wb
Fuerza		F	Newton	N
Fuerza electromotriz		E	Voltio	V
Frecuencia		f	Hercio	Hz
Frecuencia de rotación		n	Revolución por minuto	rpm
Impedancia		Z	Ohmio	Ω
Inducción		B	Tesla	T
Inducción mutua		M	Henrio	H
Inductancia		L	Henrio	H
Intensidad de campo magnético		H	Amperio por metro	A/m
Intensidad de corriente		I	Amperio	A
Longitud		l	Metro	m
Masa		m	Kilogramo	Kg
Momento de una fuerza		M	Newton-metro	N.m
Momento de un par		T	Newton - metro	N.m
Potencia activa		P	Vatio	W
Potencia aparente		S	Voltamperio	VA
Potencia reactiva		Q	Var	VAR
Presión		P	Pascal	Pa
Profundidad		h	Metro	m
Radio		r	Metro	m
Reactancia		X	Ohmio	Ω
Reluctancia		Rm	1 por henrio	H ⁻¹
Rendimiento		η		
Resistencia		R	Ohmio	Ω
Resistividad		ρ	Ohmio metro	Ω.m
Superficie		A	Metro cuadrado	m ²
Temperatura Celsius		θ	Grado Celsius	°C
Temperatura termodinámica (absoluta)		T	Kelvin	K
Tiempo		t	Segundo (de tiempo)	s
			Minuto (de tiempo)	min
			Hora	h
			Día	d

TABLAS de CONVERSION entre UNIDADES SI y UNIDADES CORRIENTES

LONGITUD

De	en	m	in.	ft	yd
1 metro (m)		1	39,37	3,281	1,094
1 pulgada (in o ")		0,0254	1	0,08378	0,02733
1 pie (ft o')		0,3048	12	1	0,3333
1 yarda (yd)		0,9144	36	3	1

SUPERFICIE

De	en	m ²	sq. in.	sq. ft	sq. yd
1 metro cuadrado (m ²)		1	1,550	10,76	1,196
1 pulgada cuadrada (sq.in)		—	1	—	—
1 pie cuadrado (sq.ft)		0,0929	144	1	0,111
1 yarda cuadrada (sq.yd)		0,8361	1 296	9	1

VOLUMEN

De	en	m ³	dm ³	cu. in.	cu. ft	cu. yd
1 metro cúbico (m ³)		1	1 000	—	35,3148	1,3079
1 decímetro cúbico (dm ³) (litro)		0,001	1	61,02	0,035	0,0013
1 pulgada cúbica (cu.in)		—	0,0164	1	—	—
1 pie cúbico (cu.ft)		0,0283	28,32	1,728	1	0,0370
1 yarda cúbica (cu.yd)		0,7645	764,5	46,656	27	1

MASA

De	en	kg	oz	lb
1 kilogramo (Kg)		1	35,27	2,205
1 onza (oz)		0,028	1	0,0625
1 libra (lb)		0,454	16	1

PRESION

De	en	N/m ²	bar	psi
1 newton por metro cuadrado (N/m ²) o pascal (Pa)		1	10 ⁻⁵	1,45 10 ⁻⁴
1 bar (bar)		10 ⁵	1	14,504
1 libra por pulgada cuadrada (psi)		6 894	0,068947	1

VELOCIDAD ANGULAR

De	en	rad/s	r.p.m.
1 radian por segundo (rad/s)		1	9,5238
1 revolución por minuto (rpm)		0,105	1

POTENCIA

De	en	W	ch	Hp	ft-lb/s
1 vatio (W)		1	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,341 \cdot 10^{-3}$	0,7376
1 caballo (ch)		736	1	0,9863	542,5
1 caballo de vapor (Hp)		745,7	1,014	1	550
1 ft-lb/s		1,356	$1,843 \cdot 10^{-3}$	$1,818 \cdot 10^{-3}$	1

FUERZA

De	en	N	kgf	pound weight	pdl
1 newton (N)		1	0,102	0,225	7,233
1 kilogramo fuerza (Kgf)		9,81	1	—	—
1 pound weight		4,448	—	1	—
1 poundal (pdl)		0,138	—	—	1

ENERGIA - TRABAJO - CALOR

De	en	J	cal	kWh	B.t.u.
1 julio (J)		1	0,24	$2,78 \cdot 10^{-8}$	$9,5 \cdot 10^{-4}$
1 caloría (cal)		4,1855	1	—	—
1 kilovatio-hora (KWh)		—	—	1	—
1 unidad térmica británica (B.t.u.)		1 055	—	—	1

FLUJO MAGNETICO - INDUCCION MAGNETICA

	Wb	M	T	G
FLUJO 1 weber (Wb)	1	10^8	—	—
1 maxwell (M)	10^{-8}	1	—	—
INDUCCION 1 tesla (T)	—	—	1	10^4
1 gauss (G)	—	—	10^{-4}	1

TEMPERATURA

Puede ser representada mediante 2 unidades iguales:
el kelvin (K) o el grado Celsius (°C).

— Temperatura en kelvin = temperatura en grado Celsius + 273,15

— Temperatura en grado Celsius = temperatura en kelvin — 273,15

— Intervalo o diferencia de temperatura = 1 kelvin = 1 grado Celsius.

Conversiones entre grado Fahrenheit y grado Celsius:

— Temperatura en grado Celsius = $\frac{5}{9}$ (temperatura en grado Fahrenheit — 32).

— Temperatura en grado Fahrenheit = $\frac{9}{5}$ (temperatura en grado Celsius) + 32.

Clasificación por letras para la identificación de la clase de material.

REFERENCIADO	CLASE DE MATERIAL	EJEMPLO
A	Conjunto, sub-conjunto funcionales (de serie)	Amplificador de tubos o transistores, amplificador magnético. Regulador de velocidad, autómatas programable.
B	Transductores de una magnitud no eléctrica en una magnitud eléctrica o viceversa	Par termo-eléctrico, célula termo-eléctrica, célula fotoeléctrica, dinamómetro eléctrico, presostato, termostato, detector de proximidad.
C	Condensadores	
D	Operadores binarios, dispositivos de temporización, dispositivos de memoria	Operador combinador, línea de retardo, báscula biestable, báscula monoestable, registrador, memoria magnética.
E	Materiales diversos	Alumbrado, calefacción, elementos no definidos en esta tabla.
F	Dispositivos de protección	Corta-circuito de fusible, limitador, pararrayos, relés de protección de máxima intensidad, de umbral de tensión.
G	Generadores (dispositivos e alimentación)	Generatriz, alternador, convertidor rotativo de frecuencia, batería, oscilador, oscilador de cuarzo.
H	Dispositivos de señalización	Avisadores, luminosos y sonoros.
K	Relés y contactores	(en los equipos importantes utilizar KA y KM)
KA	Contactores auxiliares, relés	Contactores auxiliares temporizados, toda clase de relé.
KM	Contactores principales	
L	Inductancias	Bobina de inducción, bobina de bloqueo.
M	Motores	
N	Sub-conjunto (fuera de serie)	
P	Instrumentos de medida, dispositivos de prueba	Aparato indicador, aparato registrador, contador, conmutador horario.
Q	Aparatos mecánicos de conexión para circuito de potencia	Disyuntor, seccionador.
R	Resistencias	Resistencia regulable, potenciómetro, reostato, shunt, termistancia.
S	Aparato mecánico de conexión para circuito de mando	Auxiliares de mando manual, pulsadores, interruptores de posición de fin de carrera, conmutador.
T	Transformadores	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad.
U	Moduladores, convertidores	Discriminador, demodulador, convertidor de frecuencia, codificador, convertidor rectificador, ondulador autónomo.
V	Tubos electrónicos (semi-conductores)	Tubos de vacío, tubo de gas, tubo de descarga, lámpara de descarga, diodo, transistor, tiristor, rectificador.
W	Vías de transmisión, guías de ondas, antenas	Conductor de terreno, cable, juego de barras.
X	Bornes, clavijas, zócalos	Clavija y toma de conexión, clip, punta de prueba, regleta de bornes, salida para soldar.
Y	Aparatos mecánicos accionados eléctricamente	Freno, embrague, electro-válvula neumática, electroimán.
Z	Cargas correctivas, transformadores diferenciales, filtros correctores, limitadores	Equilibrador, corrector, filtro.

Clasificación por designación de los aparatos.

MATERIAL	REFE RENCI ADO	MATERIAL	REFE RENCI ADO
Alternado	G	Fusible	F
Alumbrado	E	Generador	G
Amperímetro	P	Inductancia	L
Amplificador	A	Instrumento de medida	P
Anemómetro	B	Interruptor de posición	S
Aparato indicador	P	Interruptor de proximidad	S
Aparato registrador	P	Juego de barras	W
Aparato mecánico de conexión para circuito de potencia	Q	Lámpara	E
Aparato mecánico de conexión para circuito de mando	S	Límitador de sobretensión	F
Aparato mecánico accionado eléctricamente	Y	Manómetro, presostato	B
Avisador luminoso	H	Material diverso	E
Avisador acústico	D	Memoria	D
Báscula mono, biestable	G	Motor	M
Batería de acumuladores, de pilas	L	Ondulador	U
bobinas de inducción, de bloqueo	X	Pararrayos	F
Bornero	W	Pedal (contacto)	S
Cable	S	Piloto luminoso	H
Caja de pulsadores	E	Placa de bornes	X
Calefacción	Z	Placa (fuera de serie)	N
Carga correctiva-filtro	B	Potenciómetro	R
Célula fotoeléctrica, termoelectrónica	X	Puente de diodos, rectificador	V
Clavija	U	Pulsador	S
Codificador	S	Rack	N
Combinador	C	Rectificador	V
Condensador	A	Registrador	P
Conjunto funcional, subconjunto	S	Registrador sobre cinta o disco	D
Conmutador	P	Relé auxiliar	K,KA
Contador de impulsos	P	Relé de enganche	K,KA
Contador horario	K,KA	Relé de protección	F
Contacto auxiliar	K,KA	Relé magnético	F
Contacto auxiliar de enganche	K,KA	Relé magnético-térmico	F
Contacto auxiliar temporizado	K,KM	Relé polarizado	K,KA
Contacto de potencia	F	Relé temporizado	K,KA
Cortocircuito de fusible	U	Relé térmico	F
Demodulador	B	Reloj	P
Detector de presión	B	Resistencia	R
Detector de proximidad	B	Resistencia variable en función de...	R
Detector de rotación	B	Seccionador	Q
Detector de temperatura	B	Selector	S
Dinamo tacométrica	B	Semiconductor, tubo electrónico	V
Dinamómetro eléctrico	V	Señalización acústica	H
Diodo	D	Shunt	R
Dispositivo de memoria	F	Terminancia	R
Dispositivo de protección	H	Termostato	B
Dispositivo de señalización	F	Tiristor	V
Dispositivo de umbral de tensión	Q	Toma de corriente	X
Disyuntor	Y	Transductor	B
Electroimán	Y	Transformador	T
Embrague	Z	Transformador de corriente	T
Filtro	S	Transformador de tensión	T
Final de carrera	Y	Tubo electrónico	V
Freno electro-mecánico	Y	Varistancia	R
		Voltímetro	P
		Watímetro hora	P
		Zócalo (de toma)	X

CAPITULO 2

SISTEMAS DE CONTROL CONVENCIONAL

2.1 INTRODUCCION.

En cualquier sistema industrial, los circuitos de control eléctrico reciben y procesan información sobre las condiciones del sistema. Esta información representa hechos tales como posiciones mecánicas de partes móviles, temperaturas, presiones existentes en tubos, ductos y cámaras, caudales, fuerzas ejercidas sobre dispositivos de detección, velocidades de desplazamiento, etc... El circuito de control debe tomar esta información y combinarlas con la que le suministra el operador, usualmente proviene de un conjunto de botones, estaciones y/o terminales de mando. Esta información representa la respuesta deseada del sistema, es decir, el resultado esperado. Basándose en la información suministrada por el operador y los datos tomados del sistema, el circuito de control toma decisiones siendo estas la próxima acción que debe ejecutar el sistema, ya sea arrancar o parar un motor, disminuir sus velocidad, variar la velocidad de un movimiento mecánico, activar o desactivar una electroválvula o aún, parar el sistema completamente a causa de una condición peligrosa. Obviamente la decisión que toma el circuito de control no es una elaboración propia (fig. 2.1.1). Solamente es el reflejo de los deseos del diseñador, quien prevee todas las posibles condiciones de entrada, que ha programado o elaborado para todas las salidas apropiadas del sistema. Sin embargo, como el circuito de control opera como lo haría el diseñador, en iguales condiciones, es llamado circuito de toma de decisiones o circuito lógico secuencial.

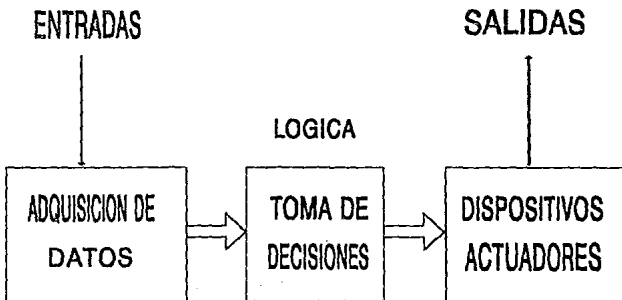


Figura 2.1.1 Circuito lógico secuencial.

2.3 ESTACION DE BOTONES MULTIPLES.

Estación de Botones Múltiple. Una estación de control puede incluir botones de control, interruptores selectores y lámparas piloto. Los botones de control pueden ser de contacto momentáneo o mantenido. Los interruptores selectores son usualmente de contacto mantenido o pueden ser de retorno por resorte para dar una operación de contacto momentáneo. Las estaciones de servicio estándares tienen capacidad para manejar las corrientes de las bobinas de los contactores de hasta 50 IIP's. Las estaciones de servicio pesado tienen capacidad mayor de corriente en sus contactos y proporcionan una mayor flexibilidad a través de una amplia variedad de operadores e intercambiabilidad de unidades. Cuando se trata de un circuito accionado desde varias estaciones (dos o mas) debemos tener presente:

- Una estación o caja de pulsadores es la agrupación física de todos los pulsadores que cumplen funciones diferentes, de manera que, desde cualquier estación, debe ser posible maniobrar completamente el sistema o la máquina.
- Como norma general, los contactos cerrados de los pulsadores que cumplen la misma función se conectan en serie y los contactos abiertos, de los pulsadores que cumplen la misma función se conectan en paralelo (fig. 2.3.1).

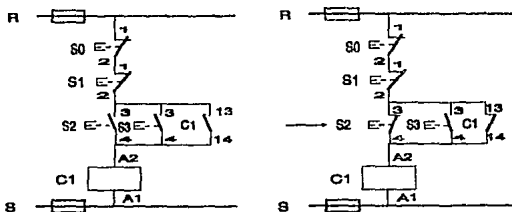


Figura 2.3.1 Estación de botones múltiple.

De la figura 2.3.1, al pulsar S2 (primera estación) se energiza la bobina de C1, autososteniéndose por los puntos 13 y 14 del contacto auxiliar. Si se hubiera pulsado S3 (segunda estación) se obtendría el mismo resultado. Al oprimir S0 (primera estación) o S1 (segunda estación) indistintamente, se abrirá el circuito que alimenta la bobina, desenergizándose todo el sistema. Cuando se tienen varios

esquemas desde varias estaciones, se puede realizar un esquema adicional (fig. 2.3.2), en sistemas múltifilar, para facilitar el montaje de las estaciones.

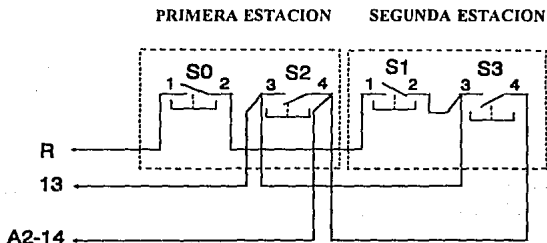


Figura 2.3.2 Sistema múltifilar.

2.4 CONTROL DE SECUENCIA.

Control de Secuencia. Muchos procesos requieren un determinado número de motores, o accionadores neumáticos e hidráulicos, separados entre sí, los cuales deben ser puestos en marcha o parados en una secuencia determinada, como en el caso de sistemas de transportadores. Cuando se arranca el transportador de entrega debe de iniciar su marcha primero con los otros transportadores arrancando en secuencia, para evitar un apilamiento del material, cuando se termina la operación la secuencia de inversión debe ser seguida con tiempos de demora entre la estación de trabajo (excepto para paros de emergencia) a fin de que no quede ningún material en los transportadores. Este es un ejemplo de una secuencia simple controlada. Podrían usarse arrancadores separados, pero es común instalar un controlador especial en el cual se incorporen arrancadores para cada unidad, reguladores de tiempo, relevadores de control, etc...

Circuitos secuenciales. Están formados por una serie de relevadores de control (contactos N.A., N.C., contactos temporizados), y contactos auxiliares del contactor de fuerza. **Secuencia forzada;** Se dice que existe una secuencia forzada

cuando el funcionamiento de una máquina está sometida al funcionamiento de otras de manera que, sino se maniobra en el orden establecido, no deben funcionar. En estos sistemas los contactos cerrados de los relés térmicos se conectan en serie a fin de que una sobrecarga en cualquiera de los motores interrumpa completamente el circuito. Todo motor o carga que se ponga en funcionamiento debe llevar necesariamente aunque no se indique expresamente, la señalización de marcha y la de paro de emergencia.

Sistema Secuencial Manual. El mando de tres motores en secuencia forzada para arrancar M1, M2, M3 con un sólo pulsador de paro (fig. 2.4.1), funciona de la siguiente manera: Al pulsar S1 se cierra el circuito de alimentación de la bobina C1 energizándose y autoalimentándose a través de sus auxiliares de sostenimiento (13,14) Al quedar energizada la bobina de C1, se cierra también el contacto auxiliar de C1 (53,54) que preparará la maniobra de C4. Solamente después de esta maniobra podemos pulsar S2, Que cerrará el circuito de la bobina de C4, autososteniéndose con sus auxiliar de retención (13,14) y cerrando al mismo tiempo el otro auxiliar (53,54) que preparará la siguiente maniobra (energizar C6). Tan sólo después de haber quedado energizado la bobina de C4 podemos pulsar S3 el cual cerrará el circuito de alimentación de C6, quien al energizarse queda autosostenida por su auxiliar de sostenimiento (13,14) en este momento quedan en funcionamiento los tres motores. Si se pulsa S0 se abre el circuito de alimentación de las tres bobinas desenergizándose totalmente el sistema.

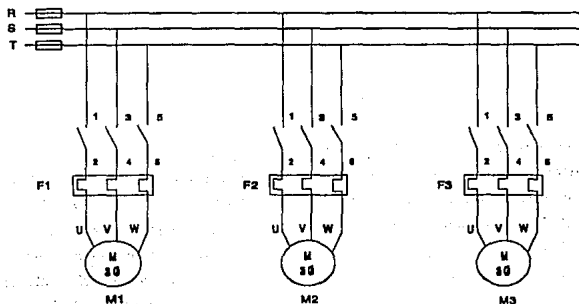


Figura 2.4.1 Sistema secuencial manual.

Por otra parte el circuito permite que, al producirse una sobrecarga en cualquiera de los tres motores, se interrumpa todo el sistema, ya que los contactos auxiliares cerrados de los tres relés térmicos están conectados en serie, de manera que al abrirse uno sólo de ellos, se desenergizará toda la secuencia. Sin embargo, solamente se cerrará el contacto auxiliar abierto de aquel relé térmico cuyo contacto se abrió señalizando, por consiguiente, en cual de los tres motores se ha producido la sobrecarga.

Sistema Secuencial Automático. El mando de motores en forma secuencial y automática mediante un temporizador implican que una vez que se inicia el sistema ésta no debe ser posible interrumpirla o alterarla hasta que el proceso se haya cumplido totalmente (sólo el pulsador seta o los contactos del relé térmico podrán hacerlo), fig. 2.4.2.

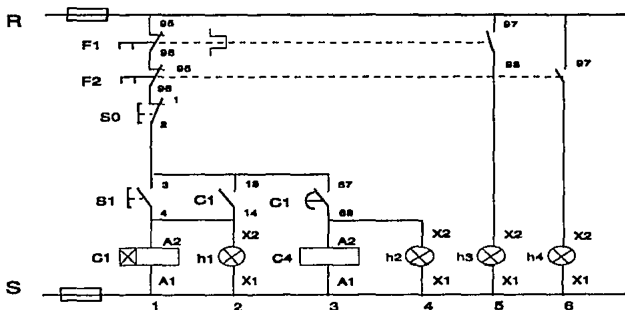


Figura 2.4.2 Sistema secuencial automático.

El circuito funciona de la siguiente forma: Al pulsar S1 se cierra el circuito de alimentación de la bobina de C1, energizándose y autososteniéndose por (13,14) mientras que la bobina de C4 sigue desenergizada. Transcurrido el tiempo programado, el contacto temporizado abierto (67,68) se cierra, energizando la bobina de C4, de manera que en este momento quedan funcionando los dos motores. La bobina de C4 no necesita auxiliar de sostenimiento porque el contacto temporizado (67,68) seguirá cerrado mientras no se desenergice la bobina de C1.

Si se pulsa S0 se interrumpirá todo el sistema. Los relés térmicos trabajarán normalmente ante una sobrecarga de cualquiera de los motores. El control de secuencia puede incluir en el mando una serie de detectores de proximidad fotoceldas, interruptores de límite, etc... para lograr así un control totalmente automático de una máquina o proceso.

2.5 CONTROL ELECTRONICO.

Control Electrónico. De la misma manera que el arrancador electromagnético liberó a la máquina del eje de transmisión, el control estático esta liberando a la máquina y al operador de la servidumbre del relé y el contactor magnético de acción lenta, propenso a averías y de corta vida. La aparición del control estático abre un nuevo y vasto campo de posibilidades para las máquinas y los procesos completamente automáticos. Podemos definir el término estático por una condición fija o estacionaria, ya que es un control por medio de dispositivos que no tienen partes móviles.

El problema que siempre ha presentado el control electromagnético ha sido el fallo de los componentes. Los dispositivos tales como el relé y los contactores tienen bobinas que requieren corrientes relativamente poco intensas para accionar el mecanismo que actúan sobre los contactos. Las bobinas tienden a quemarse y el mecanismo esta constantemente sometido al desgaste, los propios contactos son frecuentemente deteriorados por el polvo, la grasa y otras sustancias extrañas que producen arco y la picadura o quemaduras de su superficie.

Para cualquier instalación de un sólo motor con funciones de control relativamente sencillas y en que algunas millones de operaciones constituyen un factor de duración o vida útil satisfactoria, el circuito de control magnético continuara siendo la solución más práctica y económica del problema de control. Sin embargo, cuando las demandas del circuito requieren un número importante de control, cuando la rapidez de la conmutación constituye un factor primordial, y cuando es esencial una vida larga en términos de números de operaciones, la

conmutación estática mediante el uso de circuitos lógicos, llega a ser económicamente factible y casi imperativa.

Los interruptores estáticos funcionan a bajas tensiones de corriente continua usualmente de 10 a 20 volts y con corrientes muy pequeñas. No tienen partes móviles expuestas a desgastes ni requieren ajustes, tampoco tienen contactos que se puedan quemar o en los que se pueda depositar la suciedad o materias extrañas, y por consiguiente no requieren limpieza.

El control estático ofrece varias ventajas con respecto al electromagnético. La primera y muy importante es la confiabilidad o seguridad del circuito. Un sistema estático es mucho más apto para producir una señal de salida cuando y sólo cuando se requiere dicha señal. La larga duración de los conmutadores estáticos, que se complementan independientemente del número de operaciones realizadas los hace casi indispensables en los sistemas de control automatizados.

La conmutación estática proporciona una velocidad mucho más alta de funcionamiento, tal como frecuentemente requieren las máquinas y procesos modernos. Se pueden realizar muchas funciones de control en ambientes diversos en los que los dispositivos de control magnéticos quedarían destruidos o por lo menos su vida se acortaría por las sustancias químicas u otras materias contenidas en la atmósfera.

En la conmutación estática se emplean circuitos de diseño mucho más sencillos, la simplificación de circuitos en procesos que deben detectar y evaluar muchos factores es debida a que el conmutador estático es un dispositivo de entrada múltiple y salida única a diferencia del relé que es un dispositivo de entrada única y salida múltiple, la salida única se puede utilizar como entrada a otros conmutadores estáticos.

En los sistemas de control hasta la condición más complicada e inimaginable puede ser resuelta mediante el uso de esquemas de bloques representativos de funciones básicas convenientemente interconectadas. Este es el control estático, cada palabra del control estático representa un bloque llamado función o elemento lógico. Cada función lógica tiene un símbolo utilizado en el esquema lógico (fig. 1.4.2). La terminología de control estático se compone de unas cuantas palabras: AND, OR

NOT, MEMORIA Y RETARDO. Hay algunos términos derivados nombrados por combinaciones de palabras básicas tales como NOR, que realmente es la combinación de las palabras OR y NOT.

2.6 EJEMPLOS DE CONTROL.

Sistema Clasificador de Piezas Manufacturadas. La fig. 2.6.1a, muestra un diagrama esquemático de la distribución del sistema. Se trata de piezas manufacturadas de distinto peso y tamaño que se desplazan hacia la derecha por una banda transportadora. Un detector de tamaño las clasifica en grandes o pequeñas dependiendo de si se encuentran por debajo o por encima de un cierto tamaño de referencia. De la misma manera un detector de peso las clasifica en pesadas o livianas de acuerdo con un cierto peso de referencia. Al final cada pieza se encontrará en uno de los siguientes grupos:

- a) pequeña liviana.
- b) pequeña pesada.
- c) grande liviana.
- d) grande pesada.

El sistema está dividido en tres partes, tal como lo muestra la fig. 2.6.1b; el peso y el tamaño se miden en la zona de prueba. Cuando la pieza sale de la zona de prueba hacia la zona de pintura, en su paso acciona el interruptor IFC1. Este interruptor es de fin de carrera, cuando la pieza entra a la zona de pintura una de las cuatro electroválvulas de pintura se abre y dibuja una raya a medida que la pieza se mueve debajo de la boquilla. Cuando la pieza sale de la zona de pintura hacia la zona de clasificación acciona IFC2. En este instante la electroválvula se cierra y una de las cuatro compuertas se abre para guiar la pieza hacia su respectivo conducto. Una vez que la pieza ha caído en su conducto respectivo, acciona el interruptor correspondiente, sea IFC3, IFC4, IFC5 o IFC6, cuando esto sucede, la compuerta vuelve a su posición original, y el sistema total está disponible para recibir una nueva pieza en su zona de prueba.

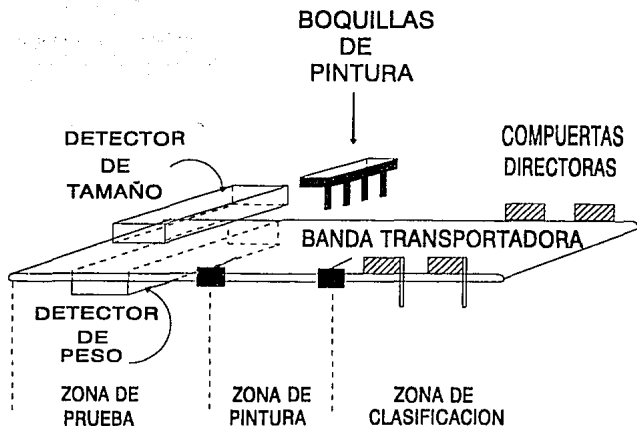


Figura 2.6.1a Sistema clasificador de piezas manufacturadas.

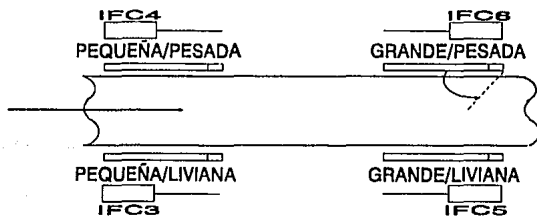


Figura 2.6.1b Zona de clasificación (vista superior)

El sistema manipula las piezas de manera que una nueva pieza no puede entrar a la zona de prueba hasta que no se accione uno de los interruptores de los conductos. Esto es debido a que el sistema debe retener la clasificación peso/tamaño hasta que la pieza no deje por completo el sistema, la clasificación debe memorizarse para poder operar la compuerta correspondiente en el momento que la pieza entra en la zona de clasificación. El circuito lógico de relés que realiza toda la operación anterior se muestra en la fig. 2.6.2.

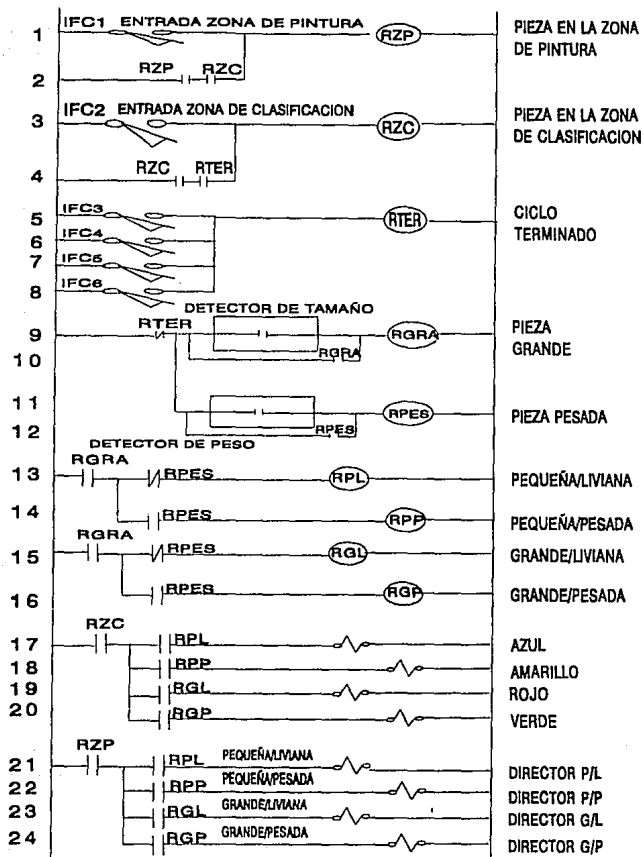


Figura 2.6.2 Circuito lógico de relés.

El contacto NC RTER está cerrado cuando una pieza entra en la zona de prueba. Mientras la pieza se encuentre en la zona de prueba, el detector de tamaño cierra su contacto si la pieza es grande o lo deja abierto si es pequeña; si la pieza es grande el relé RGRA es energizado, si es pequeña permanece desenergizado. Si RGRA es energizado, se autoenergiza por medio del contacto NA RGRA, esto es necesario porque el contacto del detector de tamaño regresa a su estado inicial. El detector de peso opera de forma análoga, si la pieza es pesada, el contacto se cierra y energiza el relé RPES en cual se autoenergiza por su contacto NA. Si la pieza es liviana, el contacto del detector de peso permanecerá abierto y el relé RPES desenergizado.

Si la pieza es pequeña, el contacto NC RGRA permanecerá cerrado, energizando los contactos de RPES y dependiendo de si la pieza es pesada o liviana, uno de los relés RPL (pequeña/liviana) o RPP (pequeña/pesada) será energizado. Si la pieza es grande el contacto NA RGRA se cerrará, el relé RGL (grande/liviana) se energizará si RPES está desenergizado, o RGP (grande/pesada) se energizará si RPES está energizado.

Cuando la pieza sale de la zona de prueba y pasa por debajo de las boquillas de pintura acciona IFC1, el cierre momentáneo de su contacto NA asociado energiza RZP, el cual se autoenergiza a través de su contacto NA. RPZ permanecerá energizado hasta que el contacto NC RZC se abra. La pieza se encuentra ahora en la zona de pintura, y el contacto NA de RPZ está cerrado y una de las cuatro electroválvulas energizada, lo que produce que la pieza sea pintada del color apropiado.

Cuando la pieza deja la zona de pintura acciona IFC2 y cierra momentáneamente el contacto asociado. RPC es energizado, éste se energiza a través de su contacto NA y produce la desenergización de RPZ porque el contacto NC RZC se abre. El contacto NA RZC se cierra, y una de las cuatro compuertas directoras se abre para dirigir la pieza hacia el conducto respectivo.

Cuando la pieza guiada por la compuerta, ha caído en su respectivo conducto, uno de los cuatro interruptores de fin de carrera se cierra momentáneamente ocasionando que RTER se energice por el mismo tiempo y su contacto NC se abre desenergizando RZC, lo cual indica que la pieza ha salido de la

zona de clasificación. Así mismo, el contacto NC RTER se abre y desenergiza RGRA y RPES si por efectos de la prueba habrían quedado autoenergizados. La operación de todo el sistema se ha completado y el sistema está nuevamente en condiciones de recibir una nueva pieza para clasificar.

Sistema para controlar el ciclo de operación de una rebajadora automática.

El propósito de éste es de practicar dos canales en la parte superior de una pieza de trabajo, ambos en la dirección este-oeste (fig. 2.6.3a). El primer canal es practicado en la parte norte de la pieza y el segundo canal en la parte sur. Este trabajo se realiza colocando la pieza en una mesa estacionaria y entre dos barras cuadradas, que impiden su deslizamiento en la dirección este-oeste, pero permiten su deslizamiento en la dirección norte-sur. La pieza se coloca en la mesa de tal forma que su lado norte se ajuste contra el bloque principal, el cual toca a la mesa en su extremo norte. El bloque vertical está pegado a la mesa por medio de unos resortes potentes, los cuales sólo permiten el desplazamiento de la pieza, hacia el norte, cuando ésta es forzada por un cilindro hidráulico. El pistón del cilindro hidráulico (B) debe extenderse y presionar la pieza de trabajo contra el bloque vertical, y de esta manera se obtiene su desplazamiento hacia el norte, de algunas pulgadas.

La rebajadora está montada en una armazón móvil y puede desplazarse hacia el este y hacia el oeste. Cuando el pistón del cilindro (A) está extendido, la armazón se mueve hacia el este. Cuando el pistón del cilindro (A) está retraído la armazón se mueve hacia el oeste. El ciclo de la máquina es como sigue: Cuando la pieza de trabajo está colocada entre las barras cuadradas y contra el bloque vertical, el operador presiona el botón START. El pistón del cilindro (A) se extiende hacia el este, y practica el canal del lado norte.

Cuando el pistón del cilindro (A) hace actuar IFC2, indicando que el primer canal está terminado, el pistón del cilindro (B) se extiende y desplaza la pieza hacia el norte. Cuando el cilindro (B) alcanza su máxima extensión, acciona IFC3.

El pistón del cilindro (A) se retrae hacia el oeste y practica el canal del lado sur, y se detiene cuando IFC1 se acciona.

El pistón del cilindro (B) se retrae hacia el sur, permitiéndole que el resorte retorne la pieza de trabajo a su posición original. Esto completa el ciclo.

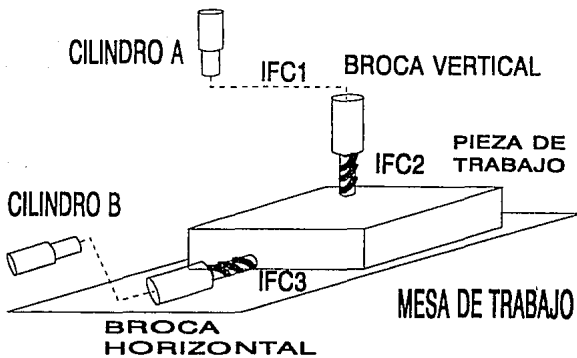


Figura 2.6.3a Sistema para controlar el ciclo de operación de una rebajadora automática

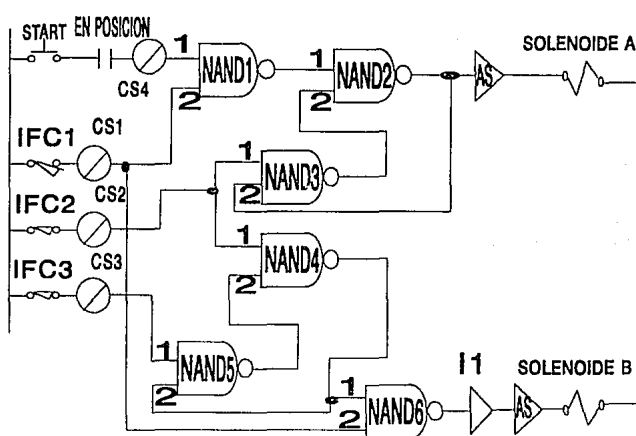


Figura 2.6.3b Diagrama de control de la rebajadora automática

El esquema de control (fig. 2.6.3b) muestra como trabaja. Cuando la pieza de trabajo está adecuadamente colocada entre las barras y pegada al bloque vertical, los contactos de "en posición" los cuales influyen en el convertidor de señal CS4, se cierran. Cuando el botón START se presiona, la salida de CS4 pasa a nivel alto habilitando ORI. La salida de ORI habilita AS1, el cual energiza el solenoide asociado al cilindro (A). La válvula hidráulica del cilindro (A) se opera y el pistón es movido hacia el este. Se practica el primer canal.

ORI se enclava al enviar un nivel alto a la entrada (1) de la AND1. Esto hace que la salida de la AND1 pase a nivel alto, ya que su entrada (2) siempre esta a nivel alto. Esto es debido al hecho de que IFC3 está desactivado en ese momento, lo que causa un nivel bajo a la entrada de I1, y por tanto un nivel alto a la salida.

Cuando el cilindro (A) termina su operación y la mecha de la rebajadora ha terminado su canal, una leva acciona el interruptor IFC2, esto causa un nivel alto a la entrada de OR2 a través de CS2. La salida de OR2 pasa a nivel alto y energiza el solenoide del cilindro (B) por medio de AS2. La válvula del cilindro (B) se opera y el cilindro es extendido. Entre tanto OR2 se enclava a través de AND2. Esto sucede porque OR2 entrega un nivel alto a la entrada (1) de AND2 y la entrada (2) es siempre un nivel alto. El nivel alto de la entrada (2) proviene de I2, el cual tiene un nivel bajo a su entrada porque el interruptor IFC1 está abierto.

Cuando el pistón del cilindro (B) está completamente extendido, colocando la pieza en la posición precisa para el segundo corte, el interruptor IFC3 es accionado. El contacto NA. de IFC3 se cierra, aplicando 115 Vac. a la entrada de CS3. I1 por tanto, tendrá un nivel alto a la entrada, lo que produce un nivel alto a la entrada (2) de AND1. Este hecho suspende el enclavamiento de la ORI e inhabilita AS1 y desenergiza al solenoide asociado al cilindro (A). La válvula hidráulica regresa a su posición original haciendo que el aceite fluya hacia el cilindro y por tanto su pistón se retrae hacia el oeste. A medida que la rebajadora se mueve hacia el oeste, practica el segundo canal.

Cuando el pistón del cilindro (A) está completamente retraído, se acciona IFC1. Esto hace que se apliquen 115 Vac a la entrada de CS1, lo que produce un nivel bajo a la salida de I2. Este nivel bajo se aplica a la entrada (2) de la AND2, y esto hace que se suspenda el enclavamiento de OR2. Cuando la salida de OR2 cae a

nivel bajo, AS2 desenergiza el solenoide asociado al cilindro (B). El pistón del cilindro (B) se retrae hacia el sur, permitiendo que los resortes del bloque vertical muevan la pieza de trabajo a su posición original. El ciclo de la máquina se completa, y el operador retira la pieza trabajada y coloca una nueva.

CAPITULO 3

INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES

3.1 INTRODUCCION.

En los últimos años los sistemas de producción han adquirido una gran complejidad, por lo que la automatización de los sistemas productivos han dado lugar a un avance espectacular de la industria. La introducción de los controladores programables en las líneas de producción es sin lugar a dudas el elemento básico del desarrollo industrial.

Automatizando las operaciones que eran anteriormente manuales o parcialmente automáticas se consiguen costos más bajos para el producto, reducción del trabajo peligroso y/o pesado y sobre todo mejorar la calidad y la realización de operaciones imposibles de controlar manualmente.

Los controladores programables han sido posible gracias al desarrollo de las tecnologías electrónicas de alta integración, permitiendo la fuerte concentración de las funciones indispensables para la ejecución de sus tareas como memorizar datos, hacer cálculos y tomar decisiones.

3.2 DESCRIPCION Y CLASIFICACION.

El desarrollo de la electrónica está haciendo posible la utilización practica del método de diseño de sistemas electrónicos que resultaban inaplicables hace escasos años. Son numerosos los sistemas que se automatizan mediante la observación del estado o la secuencia de estados de variables y la generación de variables del mismo tipo.

Los sistemas electrónicos digitales que son capaces de realizar los sistemas de control adecuados para llevar a cabo la automatización no necesitan poseer la capacidad de cálculo y pueden estar constituidos por sistemas secuenciales que reciben el nombre de CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES porque toman decisiones mediante la observación de las variables (fig. 3.2.1).

Según el modo de operación los controladores lógicos pueden ser asíncronos o síncronos, los controladores lógicos asíncronos son en realidad sistemas secuenciales asíncronos que se pueden realizar de dos formas:

- Mediante la realización directa de un sistema combinacional. Un sistema combinacional consiste en la interconexión de compuertas lógicas cuya salida se determina directamente en cualquier momento de la combinación presente de entradas sin tener en cuenta las entradas anteriores.
- Mediante la realización a través de células de memoria asíncronas, que son aquellas en las que la variable de entrada actúa en forma inmediata en el instante en que cambia de estado o se pone en un determinado estado (fig. 3.2.2).

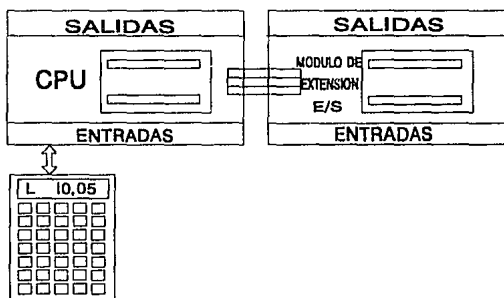


Figura 3.2.1 Controlador lógico programable.

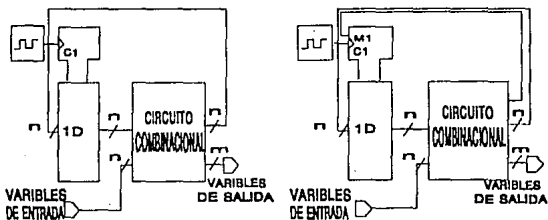


Figura 3.2.2 Sistema secuencial asíncrono.

Los controladores lógicos asíncronos han sido ampliamente estudiados a partir de la concepción inicial, pero su aplicación práctica presenta grandes limitaciones: 1) Problemas de fenómenos aleatorios difícilmente controlables cuando cambian de estado interno simultáneamente. 2) Imposibilidad de hacer el sistema modular, es decir que se pueda ampliar el número de entradas o salidas sin necesidad de cambiar el sistema físico.

Los inconvenientes que presentan los controladores lógicos asíncronos impulsaron el desarrollo de los controladores lógicos síncronos. Un controlador lógico puede tomar la decisión de pasar de un estado interno al siguiente o pasar a otro en función del valor lógico de la variable de entrada. Es interesante resaltar que los circuitos alcanzan unos niveles de complejidad que hacen necesaria su integración en circuitos de gran escala de integración para minimizar su costo. Por otra parte y de acuerdo a la forma de realizar el circuito combinacional, los controladores lógicos pueden ser:

- Cableados, en los que el circuito combinacional está formado por compuertas lógicas interconectadas.
- Programables, en los que el circuito combinacional es programable completamente (Matriz Lógica Programable (PLA) o Matriz Lógica Y-Programable (PAL)). De esta forma se obtiene un controlador lógico básico cuyo comportamiento se puede cambiar sin necesidad de modificar el sistema físico (fig. 3.2.3).

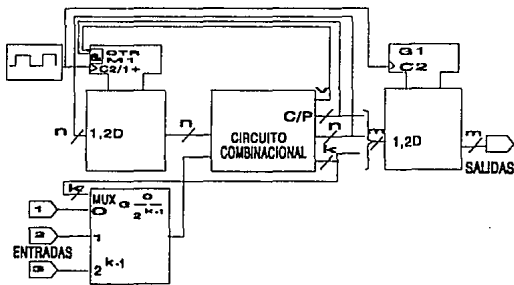


Figura 3.2.3 Matriz lógica programable.

Es precisamente la utilización de circuitos combinacionales programables combinados con las técnicas de la microelectrónica lo que han dado el mayor impulso al diseño de los controladores lógicos síncronos; se pueden distinguir en dos formas principales de funcionamiento:

1. Aquellos en los que la variable de entrada y salida están definidos de tal manera que su número es totalmente fijo o en todo caso pueden cambiar solamente en una proporción muy pequeña. Un caso típico son algunos tipos de productos industriales, por ejemplo un equipo de control de los semáforos de un cruce.
2. Aquellos en los que el número de entrada y salida son variables, un ejemplo típico son los procesos industriales cuyas características varían de una instalación a otra (fig. 3.2.4).

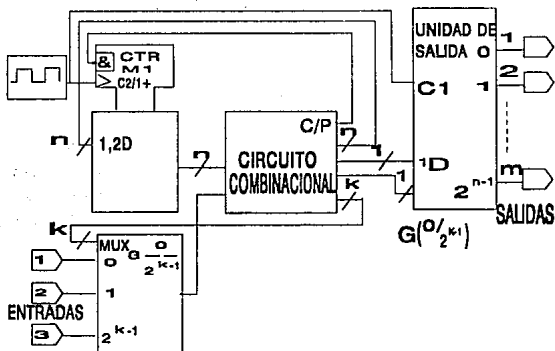


Figura 3.2.4 Controlador lógico síncrono.

En el primer caso el controlador lógico no necesita ser modular, y en el segundo caso es impredecible que se puedan añadir variables de entrada y variables de salida sin modificar la estructura del controlador. Para ello es necesario que los circuitos de entrada y salida sean modulares, en relación con la característica de modularidad, los controladores lógicos se pueden clasificar en no modulares, totalmente modulares y mixtos. Se dice que el controlador es totalmente modular cuando se puede ampliar el número de variables de entrada y salida añadiendo

elementos sin necesidad de modificar el sistema físico. Los controladores lógicos síncronos mixtos son aquellos en los que solamente se pueden ampliar el número de variables de entrada o salida pero no ambas simultáneamente (fig. 3.2.5).

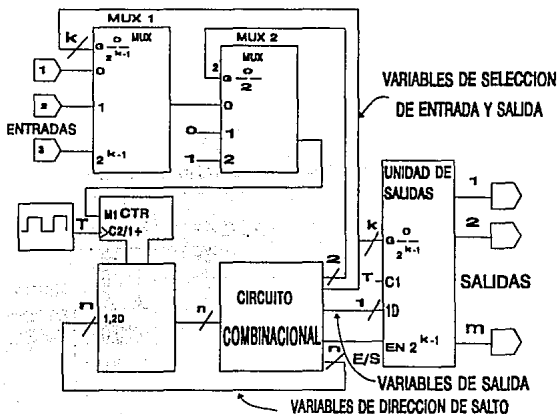


Figura 3.2.5 Controlador lógico síncrono mixto.

3.3 SECCIONES BASICAS.

3.3.1 BUS INTERNO.

Un controlador lógico programable se puede representar como un conjunto de bloques funcionales que se articulan alrededor de un canal de comunicación (fig. 3.3.1.1). Normalmente se compone de un bus principal con varios módulos conectados al bus. Dichos módulos contienen información importante como el módulo de memoria, el módulo de procesamiento central, el módulo de entrada/salida y el módulo de alimentación. El bus principal de un controlador lógico se divide en varios sub-buses:

- **Bus de Alimentación;** hace llegar la corriente proveniente de la fuente de alimentación a los distintos componentes del controlador.
- **Bus de Direcciones;** Lleva señales de control especiales que provocan la selección de la información a través del controlador. Esta información se utiliza para distinguir los varios dispositivos de entrada y salida y las celdas de memoria.
- **Bus de Control;** Lleva la información sobre la temporización, ordenes, dirección de datos y señales de interrupción.
- **Bus de Datos;** Transporta la información a través del controlador.

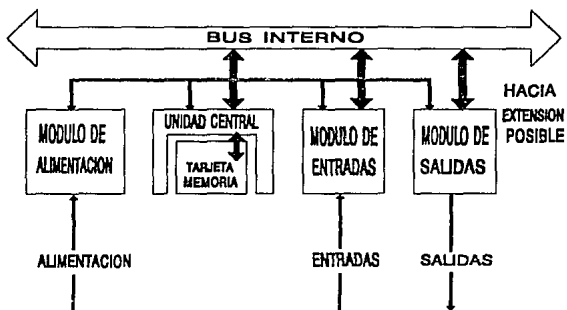


Figura 3.3.1.1 Bus interno.

Esta organización modular permite una gran flexibilidad de configuración para las necesidades del usuario, así como un diagnóstico y un mantenimiento fácil. Los diferentes módulos del controlador se montan en un bastidor que contiene el soporte de unión (bus + conector). Cada módulo posee, bornero de conexión equipada con un conjunto de visualizadores del estado lógico de cada vía (led's y conductores ópticos) (fig. 3.3.1.2). Se utilizan dos tipos de conexión hacia el exterior:

- 1) Unión hilo a hilo,
- 2) Las uniones series/paralelas.

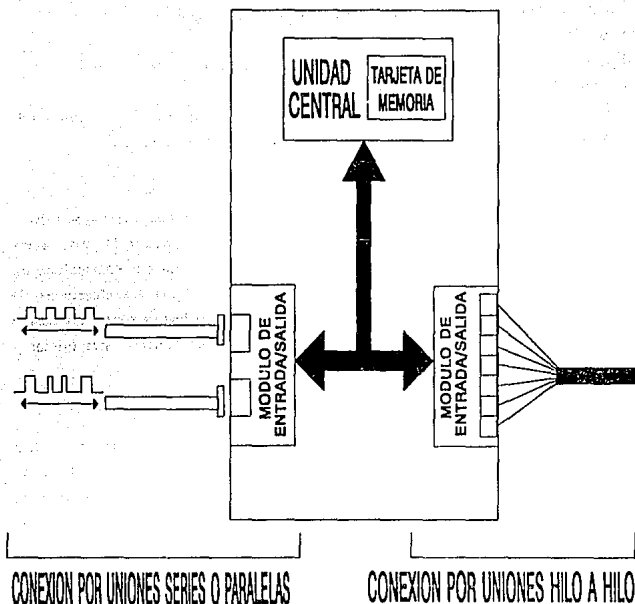


Figura 3.3.1.2 Conexiones del bus hacia el exterior.

3.3.2 MODULO DE PROCESAMIENTO CENTRAL.

El módulo de procesamiento central es el sistema principal del controlador lógico programable ya que es el elemento capaz de interpretar las instrucciones y coordinar su ejecución. Está constituido por tres sub-módulos funcionales (ver fig. 1.4.3):

- 1) Unidad Aritmética y Lógica; es el elemento calculador, capaz de realizar operaciones aritméticas y lógicas.

- 2) **Unidad de Control;** es el elemento controlador del flujo de información dentro del controlador. Las funciones de la unidad de control son:
 - a) **Búsqueda de instrucciones en memoria.**
 - b) **Decodificación, interpretación y ejecución de las instrucciones.**
 - c) **Control de la secuencia de ejecución.**
 - d) **Reconocimiento de las primitivas externas de control; interrupciones, petición de acceso directo memoria, ordenes de paro, espera, inicialización, etc.**

3.3.3 MODULO DE MEMORIA.

La memoria del controlador se encuentra conectada al bus interno, su misión consiste en almacenar datos e instrucciones de programa. La memoria puede verse como una colección de celdas individuales, cada una de las cuales lleva asociado un número al que se le da el nombre de dirección. Todas las transferencias de información de celda a celda y el CPU se hacen a través del bus de datos, utilizando el bus de direcciones para seleccionar la celda y el bus de control para iniciar y realizar la ejecución.

3.3.4 MODULO DE ENTRADA.

Un módulo de entrada debe permitir a la unidad de procesamiento central del controlador la lectura del estado lógico de los captadores asociados al mismo módulo (4,8,16 o 32 entradas). A cada entrada corresponde una vía que trata la señal eléctrica para elaborar una información binaria, el bit de entrada que se memoriza. El conjunto de los bit's de entrada forman la palabra de entrada. Periódicamente el controlador lógico pregunta (direcciona) a través del módulo: el contenido de la palabra de entrada del módulo se copia entonces en la memoria DATOS del controlador programable. Cada vía se filtra y se aísla eléctricamente del exterior por razones de fiabilidad y de seguridad. Un módulo de entrada se define principalmente por su modularidad (cantidad de entradas) y las características eléctricas aceptables (niveles de voltaje, naturaleza de la corriente...). Existen dos tipos de módulos de entrada analógicas:

- 1) Las entradas de detección de umbral.
- 2) Las entradas de medida analógica (conversión analógica numérica).

Generalmente es posible un reglaje de escala que permite ampliar las posibilidades de medida. A menudo se utiliza el módulo para medir la temperatura;

la sonda resistiva estadísticamente conectada al módulo el cual realiza o no ciertas operaciones de linealización de la señal suministrada por el captador antes de efectuar la escritura de la palabra en memoria.

3.3.5 MODULO DE SALIDAS.

Un módulo de salidas permite al controlador actuar sobre los accionadores. El mismo realiza la correspondencia: Estado-lógico/Señal-eléctrica. Periódicamente el procesador direcciona el módulo y provoca la escritura de los bit's de la palabra en los canales de salida del módulo. Cada salida es la imagen analógica del valor numérico codificado en una cadena de bit's definidos por el programa. Los módulos analógicos de salida cuando están asociados a los preaccionadores, permiten realizar funciones de mando y regulación. Cada salida se define por el tipo de corriente suministrada y por sus límites.

3.3.6 MODULO DE COMUNICACIONES.

La unión serie asíncrona se utiliza mucho para el diálogo entre el controlador y los periféricos. Este modo de comunicación permite el intercambio de caracteres compuestos por una serie de bit's transmitidos una tras otra en línea. El módulo de unión serie asíncrona asegurará la puesta en forma de las informaciones, pero es el módulo de procesamiento central quien verdaderamente administra la información. El módulo utiliza memorias internas para almacenamiento temporal de las informaciones emitidas o recibidas. La emisión y recepción de las señales pueden ser simultáneas o alternas.

3.3.7 MODULOS ESPECIALIZADOS.

Es posible construir módulos especializados inteligentes a partir de un procesador. Un microprograma e interfaces especializadas que permiten entonces disponer de módulos que aseguren de forma autónoma y performante ciertas funciones de automatismo. Existen módulos de posicionamiento (que incluyen el conteo rápido de impulsos) de gestión evolucionada de una comunicación (red local), de regulación numérica.

3.4 ACCIONADORES Y PREACCIONADORES.

Para responder a las variadas necesidades de las máquinas, hay tres tecnologías de accionadores que se complementan:

- Los accionadores eléctricos; éstos utilizan directamente la energía eléctrica distribuida en las máquinas y toman diferentes formas:

Motores de velocidad constante o variable.

Válvulas eléctricas de flujo.

Resistencias de calentamiento.

Electroimanes.

Cabezas de soldadura por resistencia.

Cabezas de soldadura por ultrasonido.

Cabeza de corte laser...

Los preaccionadores asociados a éstos accionadores eléctricos son principalmente los contactores y variadores de velocidad. Los contactores son los preaccionadores de mando eléctrico que conmutan simultáneamente las tres fases que alimentan el motor. Si son necesarios dos sentidos de rotación, dos contactores permiten obtenerlo. Obtenido por una bobina que sólo requiere en general una potencia de algunos watts, el mando de un contactor se realiza directamente a partir de una salida del controlador programable. El cierre de un contactor se comprueba con gran frecuencia por un contacto auxiliar que permite informar al controlador programable por medio de una señal de retorno en una entrada (fig. 3.4.1).

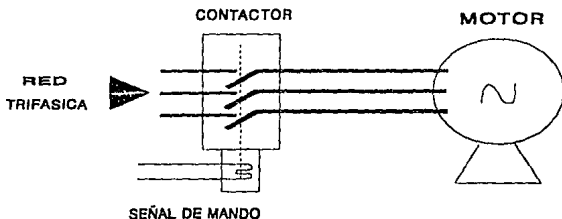


Figura 3.4.1 Preaccionadores de mando eléctrico.

Como todo preaccionador, un variador de velocidad comprende una parte de potencia y una parte de control: la parte de potencia agrupa los elementos de conmutación y dispositivos asociados (tiristores, transistores, protección...), la parte de control agrupa el mando de los elementos de potencia, los medios de diagnóstico y el diálogo con el controlador programable y con algunos captadores. Al igual que para el motor de velocidad constante, se requiere un contactor para la puesta en marcha. Dispuesto entre contactor y motor (fig. 3.4.2), el variador de velocidad asegura el mando de velocidad. Según la velocidad requerida se podrá optar entre diferentes tipos de configuración; el variador se podrá usar en cadena directa o bucle cerrado según se tome en cuenta o no la información en retorno suministrada por un captador específico.

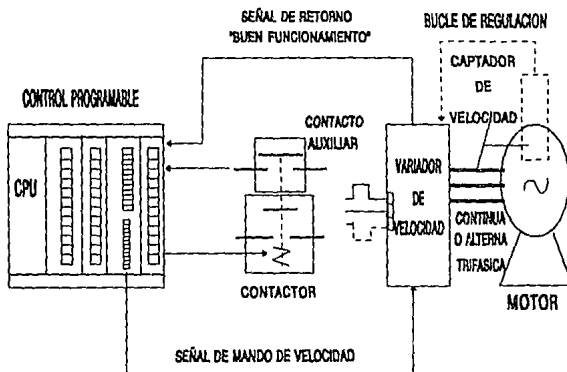


Figura 3.4.2 Diálogo entre la parte de potencia y la parte de control.

El diálogo con el controlador programable puede comprender un mando sencillo con una señal analógica, asociado o no con alguna información en retorno y un diálogo evolucionado por señales numéricas.

- Los accionadores neumáticos; utilizan directamente el aire comprimido distribuido en las máquinas, sencillos de empleo y presentados bajo formas muy

diversas, los cilindros neumáticos se utilizan para numerosos movimientos; transferencias, aprietes marcados, mantenimiento, ensamblajes, moldeados...

- Los distribuidores son los preaccionadores que están asociados a los mismos. Reciben una señal neumática o eléctrica cuando están equipados con una válvula eléctrica.
- Los controladores programables se prestan particularmente bien al mando de las máquinas de producción equipados con cilindros neumáticos. Las señales eléctricas emitidas por los módulos de salidas transforman cada una por una válvula eléctrica en señal neumática que dirige el distribuidor (fig. 3.4.3).

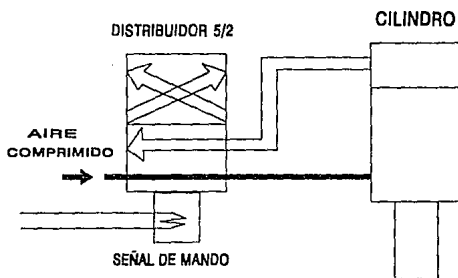


Figura 3.4.3 Máquinas de producción equipadas con cilindros neumáticos.

La conmutación del distribuidor provoca entonces el movimiento del cilindro. En un plano práctico, la adopción de los controladores programables seguida por interfaces electroneumáticas hace progresar la organización de las máquinas electroneumáticas, la figura 3.4.4a y figura 3.4.4b comparan una organización tradicional con distribuidores equipados de válvulas eléctricas y una organización con interfaces electroneumáticas modulares.

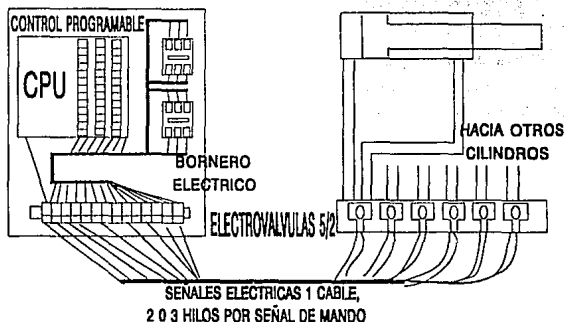


Figura 3.4.4a Señales eléctricas en una organización con interface tradicional.

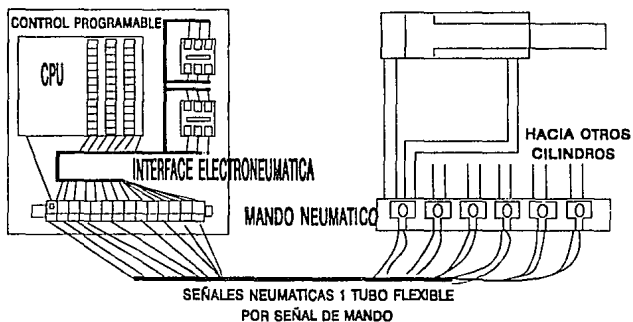


Figura 3.4.4b Señales neumáticas en una organización con interfaces electro-neumáticas modulares.

- Los accionadores hidráulicos; cilindros o motores sólo se utilizan cuando los accionadores eléctricos o neumáticos no dan satisfacción, ya que exigen que se instalen en la máquina un grupo generador de presión. Son necesarios cuando los esfuerzos a desarrollar son muy importantes (prensas,...) o cuando las velocidades lentas se deben controlar con precisión.

3.5 CAPTADORES.

Captando los desplazamientos de los accionadores o el resultado de sus acciones sobre el proceso, los captadores suministran las informaciones en retorno necesarias para la conducción del proceso. Pueden detectar las posiciones, las presiones, las temperaturas, los caudales, los límites, los códigos, las fuerzas, las velocidades, las aceleraciones, etc,...

En un sistema automatizado los captadores de posición son los más utilizados. La figura 3.5.1 esquematiza una unión hilo a hilo entre un captador y el controlador programable; cuando el captador cierra el circuito, los bordes del módulo de entradas se activan, de esta forma la señal se toma en consideración por el controlador programable. La conexión de los captadores se realiza directamente en el controlador programable sin requerir interfaces, gracias a los módulos de entradas que incluyen las adaptaciones y protecciones necesarias.

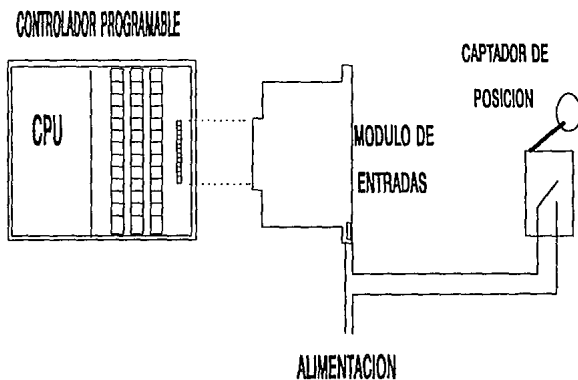


Figura 3.5.1 Captadores de posición.

Más allá de un simple captador de contacto esquematizado anteriormente, los captadores son en realidad muy variados para responder a los múltiples problemas de detección que se plantean a las máquinas. Se pueden distinguir las

grandes familias de captadores por los tipos de señales que transmiten: señales Todo o Nada, señales numéricas, señales analógicas.

- a) Captadores Todo o Nada; son los más utilizados en los sistemas automatizados; captadores de contacto, detector de proximidad, detector a distancia, etc..., que suministran una señal binaria (fig.3.5.2).

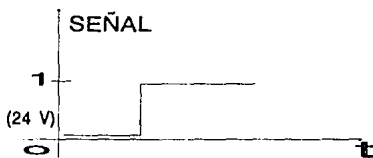


Figura 3.5.2 Diagrama eléctrico de un captador todo o nada.

A continuación describimos los principales tipos en versión Todo o Nada:

- a) Captador con contacto; conmuta cuando el objeto a detectar acciona físicamente el elemento móvil del captador. Su conmutación se realiza por cierre o apertura de un contacto. Desde los mini-interruptores hasta los grandes interruptores de posición (fig. 3.5.3).

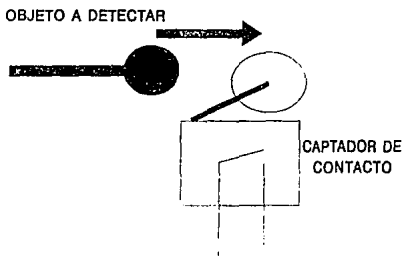


Figura 3.5.3 Captador con contacto.

- b) Detector de proximidad; Ya no hay contacto físico con el objeto a detectar: un captador electrónico de efecto inductivo conmuta cuando el campo que emite se encuentra perturbado por la proximidad de un objeto metálico. Para los objetos no metálicos se utilizan captadores de efecto capacitivo (fig. 3.5.4).

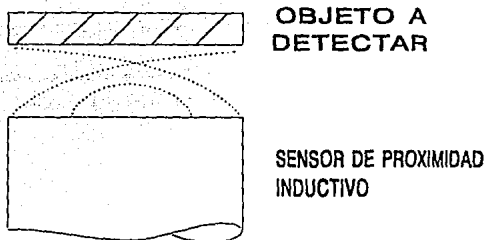


Figura 3.5.4 Detector de proximidad.

- c) Detector a distancia; Un rayo luminoso se interrumpe por el objeto a detectar. Un fotoreceptor traduce esta presencia en una señal eléctrica (fig. 3.5.5).

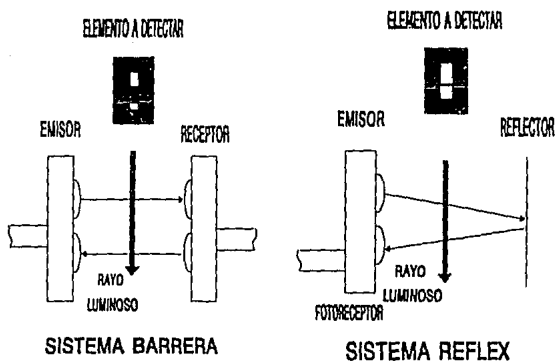


Figura 3.5.5 Detector a distancia.

3.5.1 CAPTADORES NUMERICOS.

Transmiten los valores numéricos precisando posiciones, presiones, temperaturas,... en forma de combinaciones 0-1 que se pueden leer ya sea en paralelo en varios conductores o bien en serie en un sólo conductor (fig. 3.5.1.1). Por

ejemplo asociado a los desplazamientos del objeto la rotación de un disco ranurado en varias pistas. (fig.3.5.1.2).

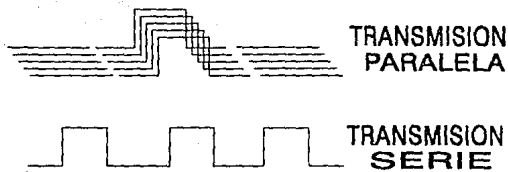


Figura 3.5.1.1 Transmisión de valores numéricos de un captador numérico.

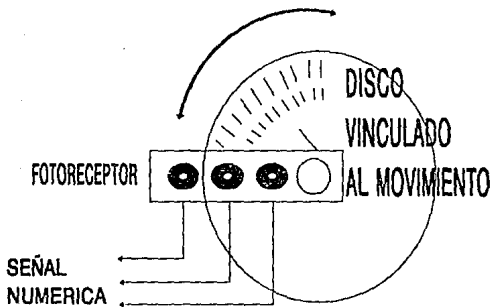


Figura 3.5.1.2 Captador numérico.

3.5.2 CAPTADORES ANALOGICOS.

Traducen los valores de posiciones, de presiones, de temperaturas,... en forma de una señal que evoluciona entre dos valores límites. (fig. 3.5.2.1).

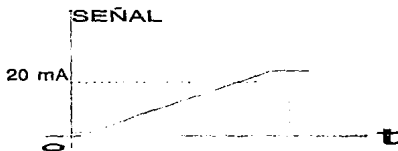


Figura 3.5.2.1 Señal eléctrica de un captador analógico.

3.6 TERMINALES INDUSTRIALES.

Una buena organización del diálogo Hombre-Máquina en explotación es esencial para un buen funcionamiento de la automatización. Es importante distinguir este diálogo de explotación del diálogo de programación y del diálogo de supervisión de producción (fig. 3.6.1).

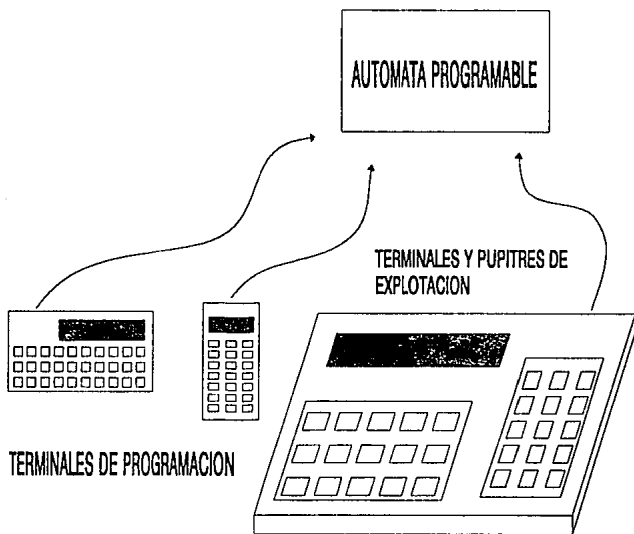


Figura 3.6.1 Diálogo hombre-máquina en explotación.

El diálogo de explotación comprende:

Diálogo de mando de la máquina; es el diálogo necesario para mandar la máquina en marcha normal de producción. Instalados en el pupitre, los útiles de diálogo comprenden; pulsadores, pilotos, conmutadores, teclados,... y constituyentes programables tales como visualizadores, terminales de explotación fijos (fig. 3.6.2).

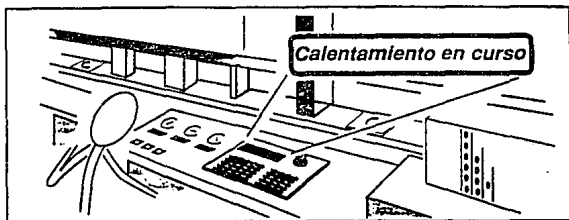


Figura 3.6.2 Diálogo de explotación.

Diálogo de reglaje de la máquina; en general, previstos para unas variantes de productos, las máquinas de producción requieren ajustes que se obtienen a elección: ya sea por intervenciones en la máquina; topes regulables, reglajes de velocidad, ya sea por intervenciones al nivel del pupitre; selección de las diferentes opciones, de las diferentes temporizaciones,... por conmutadores, terminales de explotación fijos, o bien por intervenciones utilizando terminales portátiles (fig. 3.6.3).

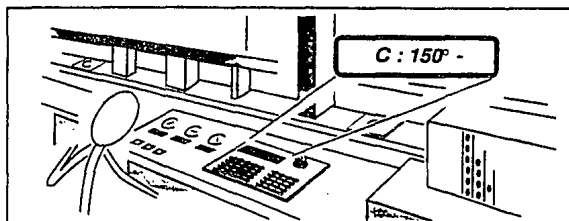


Figura 3.6.3 Diálogo de reglaje de la máquina.

Diálogo de reparación rápida: para ayudar también al diagnóstico de reparación rápida, las microterminales portátiles pueden visualizar las etapas de paro de la máquina, facilitar diferentes accesos y de esta forma recurrir a la terminal de programación para una reparación rápida. (fig. 3.6.4).



Figura 3.6.4 Diálogo de reparación rápida.

Para tener un buen diálogo con la máquina podemos distinguir tres tipos de terminales industriales de explotación:

Visualizador; visualiza la situación para el operador, los valores de reglaje para el regulador, las anomalías para el encargado de la reparación rápida,... Está instalado en un pupitre y los mensajes que memoriza y visualiza a pedidos, son el resultado de la programación del controlador programable (fig. 3.6.5).

Terminal de explotación fijo; está instalado en el pupitre y comprende por lo general una visualización de los mensajes y un teclado cuyas funciones son configurables por etiquetas portátiles. La programación correspondiente a la función de cada pulsador también forma parte de la programación del controlador programable (fig. 3.6.5).

Terminal de explotación portátil; es de reducidas dimensiones (terminal de bolsillo). El regulador o el encargado de reparación rápida lo conecta en caso de necesidad (fig. 3.6.5).

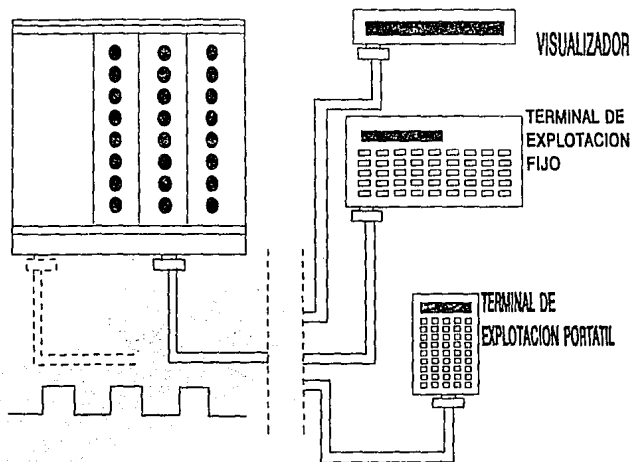


Figura 3.6.5 Terminales industriales de explotación.

3.7 APLICACIONES INDUSTRIALES.

Los controladores programables son una forma económica de automatizar las líneas de producción, particularmente desarrolladas para industrias de manufactura y para industrias pesadas. Los controladores programables reemplazan a los antiguos sistemas de control basados en relés, ya que estos últimos son más lentos, menos fiables y necesitan un mantenimiento y cableado impresionante. Algunas aplicaciones típicas de estos elementos son:

3.7.1. DETECCION DE ETIQUETAS.

El controlador programable controla el motor y el brazo del robot en función de las señales de las fotocélulas (fig. 3.7.1.1).

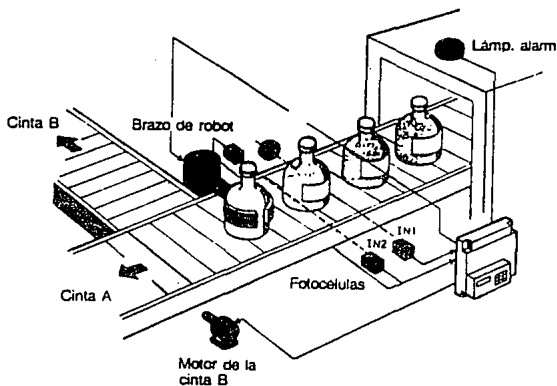


Figura 3.7.1.1

3.7.2 CORTE Y MANEJO DE VIDRIO.

El aumento en la cantidad de el vidrio laminado y en hoja utilizado en los bloques modernos de las oficinas de hoy, ambos de tipo aislante y compuestos para parabrisas en la industria automovilística y para la manufactura de espejos, incremento los niveles de demanda. Para ser competitivos en este mercado, se requiere un progreso continuo, no únicamente en tecnología de hornos, sino también en la automatización de las líneas de producción.

La instalación:

Una línea de vidrio flotado, permite fabricar el mismo al vertir el vidrio fundido del horno y el extenderlo en una superficie de estaño líquido en una atmósfera inerte.

- **Detección de fallas** (burbujas, fisuras, etc.).
- **Bordado o cortado de hojas a longitudes comerciales** (de 1 a 6 mts.).
- **Separación y transporte a estaciones elevadas en donde las hojas cortadas son colocadas en pilas verticales para almacenamiento y procesamiento posterior, ya que el horno debe operar 24 horas al día y únicamente puede ser parada cada 9 años, la planta debe alcanzar un tiempo de paro cercano a cero.**
- **La capacidad de producción es de 600 toneladas al día.**

El problema:

Cortar a una longitud en movimiento debe ser completamente automático. El objetivo es minimizar el desperdicio del vidrio teniendo en cuenta las cadenas de producción acumuladas y los errores detectados. El transporte y manejo de las hojas deben llevarse a cabo de acuerdo a una capacidad de disponibilidad de las estaciones elevadoras. Finalmente la operación de los elevadores de acuerdo a los datos de referencia deberá ser independiente del orden aleatorio de las hojas preparadas.

La solución:

Esta consistió en adoptar una arquitectura construida alrededor de una red de comunicación. Controles para la galería de corte, la línea principal de producción y los elevadores. Supervisión general a partir de un puesto central de control. Galería de corte. Un controlador programable duplicado en funcionamiento normal/espera, captura los datos de velocidad y posición de las barras de vidrio. Tomando en cuenta los 5 programas posibles de corte y las fallas detectadas en el vidrio, un algoritmo de optimización calcula un plan de corte para minimizar el desperdicio del vidrio.

Las cadenas de corte son transmitidas a un sistema de control digital diseñado para:

- Monitorea el movimiento del vidrio.**
- Mantener la correcta posición del conjunto herramental del carro a través de la trayectoria de corte.**
- Asegura el regreso y el alineamiento del carro.**

El sistema de control digitalizado provee una exactitud teórica de 1 mm. sobre la longitud del corte.

Transporte y elevación:

Otro controlador programable, también funcionando en norma/espera sigue la evolución de cada hoja cortada a través de su trayectoria. Controla la aceleración, la medición y posicionamiento de cada cambio de ruta, justo hasta la llegada a una de las estaciones elevadoras, utilizando acopladores inteligentes de conteo rápido. 5 controladores programables más, controlan los dos elevadores principales así como los tres elevadores transversales.

Además se cuenta con programas que provee el despliegue para el operador en dos pantallas semi-gráficas en color de rayos catódicos, teclados para controlar la línea de producción y señalización de fallas y eventos también son posibles de desplegar con posibilidad de impresión.

CAPITULO 4

INTRODUCCION A LA PROGRAMACION

4.1 INTRODUCCION.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC's) se programan en un lenguaje gráfico basado en los diagramas de lógica de relevadores. Su programación se puede realizar a través de una terminal industrial o una computadora personal compatible con IBM, ya que cada fabricante ofrece el software correspondiente. En ellos el usuario captura y despliega programas en lenguaje de escalera y gráficos de control al mismo tiempo muestran la apertura y cierre de elementos de control en tiempo real. Esta característica es de extrema utilidad para explorar programas, localización de fallas en actuadores y captadores, así mismo puede enviar una impresión del programa de aplicación. Los diagramas de lógica de relevadores tienen algunas desventajas, ya que fueron específicamente desarrollados para representar el control de relés no son tan adecuados para representar variables como memorias o funciones lógicas sofisticadas como lazos PID, esto ha ocasionado que se creen lenguajes de programación más sofisticados siguiendo la misma filosofía de lógica de relevadores.

La representación lógica actual varía de un PLC a otro. Los contactos normalmente abiertos, normalmente cerrados y bobinas se consideran básicamente de la misma forma para todos, pero los métodos de combinación de contactos, bobinas, timers, contadores, etc... en renglones de escalera difieren frecuentemente. La mayoría de los PLC's registran su número de elementos conectados en línea, así como las conexiones que pueden hacerse entre sus elementos de control. La representación de los temporizadores, contadores y otras funciones varían también de un PLC a otro; funciones avanzadas como las matemáticas, de transferencia de datos. Algunos fabricantes usan una función denominada FUN mostrada como una bobina y un código numérico. Por claridad, algunos PLC's ofrecen una programación con representaciones gráficas sencillas para todas las funciones específicas. Características de exploración de programas útiles incluyen la habilidad de mostrar varios elementos desconectados tales como entradas, salidas, relés internos, temporizadores, etc... en una pantalla. A menudo estos elementos están escritos en diferentes páginas del programa y es impráctico rolar las páginas entre ellos. Otra ayuda de exploración es la habilidad de parar el programa en un punto en particular y proceder a la sucesión de un barrido de programa a la vez. En algunos casos se pueden modificar las líneas de programación aún cuando el programa está corriendo y la máquina está en operación, aunque no sea conveniente

y resulte peligroso para el operador y el proceso. Algunas facilidades de edición en la programación puede simplificar de manera drástica el proceso o modificar programas. Por ejemplo, una función de búsqueda y reemplazo simplifica el proceso de cambio de la dirección usada para una entrada o salida en particular, también la habilidad de duplicar una parte del programa puede ahorrar tiempo de escritura para funciones repetitivas. Una nueva programación usando operadores lógicos y construcciones llamado GRAFCET fue introducido recientemente. Con este tipo de programación se resuelve las secuencias de escalera típicos. Se originó en Francia y es ampliamente utilizado en Europa. El GRAFCET despliega una carta de flujo desarrollada específicamente para sistemas de control industrial.

4.2 CONCEPTO DE PROGRAMACION.

Para realizar el funcionamiento de un sistema automatizado se debe definir un programa que establezca las operaciones sucesivas que el PLC debe ejecutar. Este programa escrito en un lenguaje específico es una continuación de instrucciones elementales que son la transcripción directa de los esquemas de contactos (fig. 4.2.1).

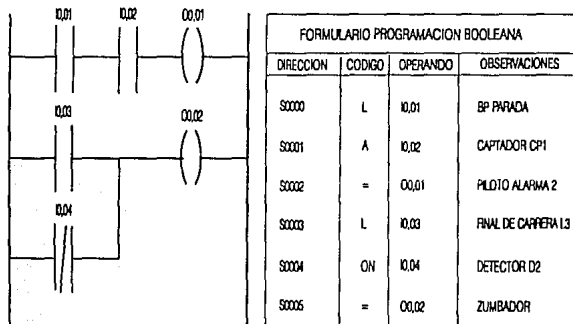


Figura 4.2.1 Operaciones sucesivas que el PLC ejecuta.

4.3 IDENTIFICACION DE ENTRADA/SALIDA (E/S).

Un PLC posee módulos base y se le pueden conectar módulos de expansión para incrementar su capacidad de E/S. Se le pueden conectar de uno, dos, tres, etc... dependiendo de la capacidad de cada uno (fig. 4.3.1).

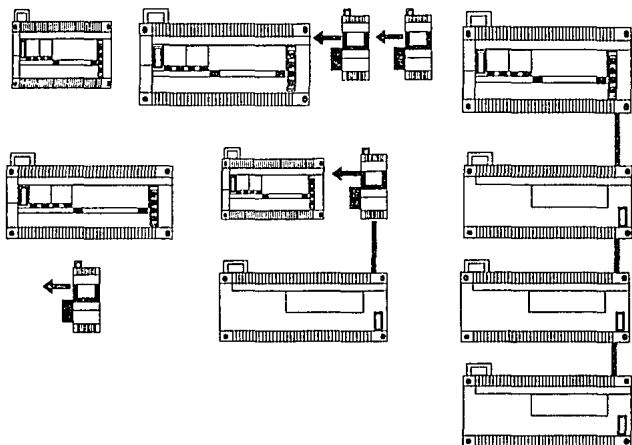


Figura 4.3.1 Módulos de E/S de un PLC.

Las E/S están identificadas y dirigidas específicamente por las siguientes instrucciones:

PCL 1.

I(i,j)	Identificación de entrada.
O(i,j)	Identificación de salida.
I	Para la selección de entrada.
O	Para la selección de salida.
i	Número de módulo.
j	Número de la entrada o la salida.

PLC 2.

X	Identificación de entradas.
Y	Identificación de salidas.
X000-X007	Entradas de la 000-007 del módulo base.
X014-X017	Entradas de la 004-007 del módulo de extensión.
Y030-Y037	Salidas de la 000-007 del módulo base.
Y040-Y047	Salidas de la 000-007 del módulo de extensión.

PLC 3.

STR	Identificación de entradas.
OUT	Identificación de salidas.
STR 050-STR 057	Entradas de 000-007 del módulo base.
OUT 050-OUT 057	Salidas de 000-007 del módulo base.

4.4 PROGRAMACION DE VARIABLES DE E/S.

Las entradas y salidas de un PLC se denominan *todo o nada*, en el caso de que sólo puedan tomar dos estados lógicos, estos mismos pueden contener variables de E/S analógicas. Las E/S *todo o nada* poseen:

Un estado activo; entrada al nivel lógico '1' (presencia de tensión).
 salida al nivel lógico '1' (acción mandada).

Un estado de reposo; entrada al nivel lógico '0' (ausencia de tensión).
 salida al nivel lógico '0' (acción no mandada).

La figura 4.4.1 ilustra la transcripción en tres diferentes lenguajes de programación con sus símbolos correspondientes:

- 1*- Leer el estado de la entrada A.
- 2*- Leer el estado inverso de la entrada A.
- 3*- Transferir el resultado a la salida B.
- 4*- Transferir el resultado inverso de la salida B.

REPRESENTACION EN TECNOLOGIA PROGRAMADA	PLC 1	PLC 2	PLC 3
1 * ENTRADA A 	(A) L I0.0	(A) LD X00	(A) STR 030
2 * ENTRADA \bar{A} 	- (A) LN I0,0	- (A) LDI X00	- (A) STR NOT 030
3 * SALIDA B 	(B) = O0,0	(B) OUT Y30	(B) OUT 040
4 * SALIDA \bar{B} 	- (B) =N O0,1	- (B) ?	- (B) ?

Figura 4.4.1 Transcripción de símbolos en tres diferentes lenguajes de programación.

4.4.1 EJEMPLOS.

ESQUEMA 1 	Leer es estado de la entrada A y transferirlo a la entrada B	PLC 1 (A) L IO,1 (B) = O0,0	PLC 2 (A) LD X00 (B) OUT Y030	PLC 3 (A) STR 030 (B) OUT 040
ESQUEMA 2 	Leer el estado inverso de la entrada A y transferirlo a la salida B	PLC 1 - (A) LN IO.1 (B) = O0,0	PLC 2 - (A) LDI X00 (B) OUT Y030	PLC 3 - (A) STR NOT 030 (B) OUT 040

4.5 FUNCIONES COMBINATORIAS.

En el capítulo 3, observamos que un PLC recibe señales de los captadores y de los pulsadores de control. Estas señales se denominan variables de entrada, las señales que se emiten hacia los preaccionadores e indicadores luminosos se llaman variables todo o nada de salida.

Cuando en cada combinación las variables de entrada sólo corresponden a un estado de una variable de salida, la relación se denomina combinatoria (fig. 4.5.1).

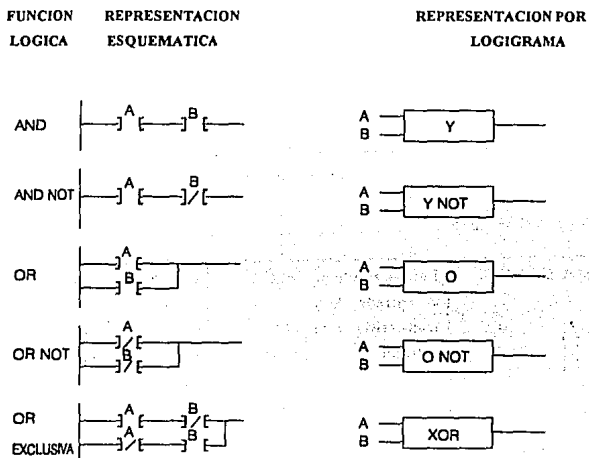


Figura 4.5.1 Funciones combinatorias.

Las transcripciones de las funciones de la figura 4.5.1 en lenguaje de programación se representan a continuación:

FUNCION AND (Y): Leer el estado de las entradas A y B, el resultado de esta combinación es igual a '1' si A y B están al nivel lógico '1'.

PLC 1	PLC 2	PLC 3
(A)	(A)	(A)
L I0,0	LD X401	STR 030
(B)	(B)	(B)
A I0,1	AND X402	AND 031

FUNCION AND NOT (Y NO): Leer el estado de las entradas A y B, el resultado de esta combinación es igual a '1' si la entrada A está en '1' y la entrada B en '0'.

PLC 1	PLC 2	PLC 3
(A)	(A)	(A)
L I0,1	LD X403	STR 033
(B)	(B)	(B)
O I0,4	AND NOT X404	AND NOT 034

FUNCION OR (O): Leer el estado de las entradas A o B, el resultado de esta combinación es igual a '1' si la entrada A o la entrada B están a nivel lógico '1'.

PLC 1	PLC 2	PLC 3
(A)	(A)	(A)
L I0,1	LD X401	STR 031
(B)	(B)	(B)
O I0,2	OR X402	OR 032

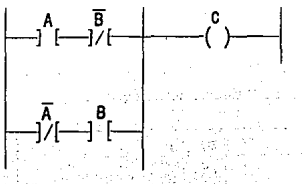
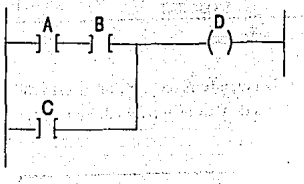
FUNCION OR NOT (O NOT): Leer el estado de la entrada A o el estado inverso de la entrada B, el resultado de esta combinación es igual '1' si la entrada A está en '1' o la entrada B está en '0'.

PLC 1	PLC 2	PLC 3
(A)	(A)	(A)
L I0,3	LD X403	STR 033
(B)	(B)	(B)
O I0,4	OR NOT X404	OR NOT 034

FUNCION XOR (OR EXCLUSIVA): Leer el estado de la entrada A o el estado de la entrada B pero no ambas a la vez, el resultado de está combinación es igual a '1' si la entrada A o la entrada B están en '1' pero no ambas a la vez.

PLC 1	PLC 2	PLC 3
(A)	(A)	(A)
L I0,5	?	?
(B)	?	?
XO I0,6	?	?

5.5.1 EJEMPLOS.

<p>ESQUEMA 1</p> 	<p>PLC 1</p> <p>L I0,5 XO I0,6 =O0,0</p>	<p>PLC 2</p> <p>?</p> <p>?</p> <p>?</p>	<p>PLC 3</p> <p>?</p> <p>?</p> <p>?</p>
<p>ESQUEMA 2</p> 	<p>PLC 1</p> <p>L I0,5 A I0,6 O I0,7 =O0,2</p>	<p>PLC 2</p> <p>LD X400 AND X401 OR X402 OUT Y030</p>	<p>PLC 3</p> <p>STR 032 AND 033 OR 034 OUT 040</p>

4.6 TEMPORIZADORES.

La precisión de tiempo puede ser una cuestión muy importante, muchos controladores no pueden tener tiempos de menos de 100 ms., pero algunos sistemas requieren bases de tiempo más bajas en el orden de 10 ms.

La repetitividad es también otro factor muy importante, un período de tiempo de 100 ms. debe ser consistente y no se permiten variaciones mayores a $\pm 1\%$. Los temporizadores dependientes del tiempo de barrido del programa frecuentemente tienen períodos de tiempo inconsistentes. Algunos controladores vienen equipados con un dispositivo especial de tiempo, el cual se conoce como reloj en tiempo real que es utilizado para indicar el tiempo absoluto de día, semana o mes. Algunas aplicaciones incluyen el trabajo real de la máquina, la función temporizador permite mandar con retraso las acciones específicas. Algunos controladores contienen hasta 245 temporizadores, la utilización se realiza seleccionando el temporizador correspondiente, por ejemplo:

PLC 1 de T00 - T31

PLC 2 de T00 - T245

PLC 3 de TMR 600 - TMR623

Una vez seleccionado, se debe configurar el tiempo base y el tiempo de preselección, en el modo configuración de cada controlador. El valor de retraso se obtiene por la combinación del valor de preselección (en casi todos los casos su valor va de 0000 - 9999), y de la base de tiempo (1 min., 1 seg., 10 ms., y 100 ms., normalmente). Por ejemplo, un temporizador de 370 seg. se obtendría de la combinación de:

tiempo base = 1 seg.

tiempo de preselección = 0370

tiempo de temporización = 1 seg. x 0370 = 370 seg.

4.6.1 EJEMPLOS.

ESQUEMA 1 PLC 1	PROGRAMA	DESCRIPCION
	<p>L I0,0 = T00</p> <p>L T00 = O0,0</p>	<p>Lee el estado de la entrada 0. Lanza el temporizador T00, si la entrada 0 está en '1'.</p> <p>Prueba el estado del temporizador T00. Activa la salida 0 cuando T00 ha transcurrido.</p>
	<p>LD X00 OUT T246</p> <p>LD T246 OUT Y00</p>	<p>Lee el estado de la entrada 0. Lanza el temporizador T246, si la entrada X0 está en '1'.</p> <p>Prueba el estado del temporizador T00. Activa la salida 0 cuando T00 ha transcurrido.</p>
	<p>STR 206 TMR 611</p> <p>STR TMR 611 OUT 046</p>	<p>Lee el estado de la entrada 6. Lanza el temporizador 11, si la entrada 6 está en '1'.</p> <p>Prueba el estado del temporizador 11. Activa la salida 46 cuando TRM 611 ha transcurrido.</p>

4.7 CONTADORES.

Un contador es esencial si un PLC maneja control de posición, el contador cuenta normalmente pulsos que provienen normalmente de un decodificador. Es generalmente del tipo rotativo, y produce varios cientos de pulsos. Por medio de la comparación de pulsos de conteo con valores preestablecidos el controlador monitorea la posición exacta de un mecanismo e inicia diferentes acciones en varias posiciones.

Dos cualidades de un contador son importantes. La primera, el contador debe manejar el máximo rango de pulsos del codificador. La segunda, la respuesta del controlador deber ser adecuada para llevar a cabo la instrucción, una vez que el valor preestablecido del contador se ha alcanzado.

Un valor preestablecido de conteo de alta velocidad cuenta eventos independientes al tiempo de barrido del programa del controlador. En algunos controladores se pone una bandera al fin de la cuenta, pero los comandos no tienen ejecución hasta que el tiempo normal de barrido del programa del controlador sea completo.

La máxima cuenta también es importante. La mayoría de los controladores tienen una capacidad de conteo desde 0 hasta 9999, pero algunos sólo pueden contar hasta 999. También algunas aplicaciones demandan al controlador contar de manera ascendente y de manera descendente.

Se requieren contadores cuando se ha de registrar un número de eventos para lectura y/o para controlar salidas basadas en un valor de conteo. Las siguientes instrucciones nos permiten programar un contador en sus diferentes modos:

- CU Incrementos del contador a cada impulso.
- CO Decremento del contador a cada impulso.
- S Puesta del contador a un valor K a partir del cual se puede contar hacia arriba o hacia abajo.
- R Puesta a cero del contador.
- C=K Prueba de igualdad o desigualdad entre el contador y K.

4.7.1 EJEMPLOS.

ESQUEMA 1 PLC 1	PROGRAMA	DESCRIPCION
	<pre>L I0,0 CU C00 L C00 K=? = O0,0</pre>	<p>Lee el estado de la entrada 0. Incrementa C00 a cada impulso en I0,0. Compara el valor corriente a K=? Activa la salida O0,0 si hay igualdad.</p>
ESQUEMA 2 PLC 2	PROGRAMA	DESCRIPCION
	<pre>LD X11 OUT C00 K=? LD C00 OUT Y00</pre>	<p>Lee el estado de la entrada X11. Incrementa el contador C00, a cada impulso de x11. Compara el contador C00 al valor corriente de K. activa la salida Y00 si hay igualdad.</p>

Un contador puede tener una forma más completa de ser programado y, al mismo tiempo de ser explotado por el programador de una manera más eficaz. El programa de este esquema es el mismo, como ya lo mencionamos anteriormente algunos controladores se programan en gráficos de escalera directamente (fig. 4.7.1).

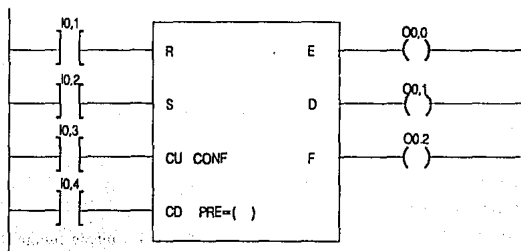


Figura 4.7.1 Contador.

R	RESET	Con un flanco positivo de la entrada I0,1, el contador se pone en '0'.
S	SET	Con un flanco positivo de la entrada I0,2 el contador se pone igual al valor del preset.
CU		Incremento del contador a cada impulso a través de la entrada I0,3.
CD		Decremento del contador a cada impulso a través de la entrada I0,4.
E	EMPTY	El contador se vacía, llegando del valor de preselección a cero la salida O0,0 se pone en nivel lógico '1'.
D	DONE	La salida O0,1 se pone al nivel lógico '1' cuando el valor de preselección se hace igual al valor corriente.
F	FULL	El contador se llena, llegando al máximo valor, en este caso a 9999, poniéndose la salida O0,2 al nivel lógico '1'.

4.8 BITS INTERNOS (BANDERAS).

Las variables de E/S, denominadas también 'bits' de E/S nos permiten memorizar las informaciones lógicas (memorización de las variables lógicas '0' o '1'), algunas veces llamadas también instrucciones tipo relé o banderas, escritas Bi, que permiten memorizar los resultados de las ecuaciones utilizadas varias veces en un programa. Algunos controladores contienen 256 bits internos (B000 a B255), de los cuales 127 (B000 a B127) tienen su contenido preservado en corte de alimentación.

También existe una 'Memoria intermedia' que memoriza los resultados de las operaciones lógicas. En efecto, el valor de un 'resultado lógico' de operaciones se puede almacenar en esta memoria en lugar de estar transferido en un bit de salida o a un bit interno. Este valor está asociado a continuación a un nuevo resultado de operaciones lógicas. La memoria intermedia permite así evitar la utilización de un bit interno entre dos instrucciones (LOAD 'L').

4.8.1 EJEMPLOS:

ESQUEMA I PLC I	PROGRAMA	DESCRIPCION
	<pre>L IO,1 O IO,2 A IO,3 = O0,0 = B000</pre>	<p>El resultado de la función combinatoria de las entradas IO,1, IO,2, IO,3 activan o desactivan la salida O0,0 y el B000 que es la variable interna del PLC.</p>
	<pre>L IO,2 AN IO,4 = B001</pre>	<p>El resultado de la función combinatoria de las entradas IO,2 e IO,4 activan o desactivan el B001 que es otra variable interna del PLC.</p>
	<pre>L B000 A B001 = O0,1</pre>	<p>El resultado de la función combinatoria de las variables internas B000 a B001 activan o desactivan la salida O0,1</p>

4.9 INSTRUCCIONES PARTICULARES.

Instrucciones SET, RESET Y PULSE. A continuación se agrupan las instrucciones de acción y de detección: las instrucciones 'SET' y 'RESET' juegan el papel de un relé biestable. La instrucción 'PULSE' permite detectar los impulsos (frentes o cambios de estados lógicos).

S (O_{i,j};B_i). 'SET' puesta al nivel lógico '1' de una variable (bit de salida, bit interno, etc). Esta instrucción juega el papel de bobina de puesta en funcionamiento. Una vez en '1', dicha instrucción sólo puede pasar a '0' con la instrucción 'SET'.

R (O_{i,j};B_i). 'RESET'; puesta al nivel lógico '0' de una variable (bit de salida, etc). Esta instrucción juega el papel de bobina de puesta en funcionamiento. Una vez a '0' dicha instrucción sólo puede pasar a '1' con la instrucción 'SET'.

SETⁿ, RESETⁿ, =ⁿ (O_{i,j};B_i). Estas tres instrucciones tienen respectivamente las mismas funciones que las instrucciones: 'S', 'R', '=', pero afectan a varios bits consecutivos (máximo 8). En efecto, las variables se agrupan por conjunto de 8 bits u **OCTETO**: (0 a 7), (8 a 15), (16 a 23),....., (248 a 255). Ejemplo: la instrucción '**=ⁿ B18**' significa transferencia del resultado a los bits internos B18 a B23 (bits del octeto 16 a 23).

P (O_{i,j};B_i). '**PULSE**': detección de un impulso en una variable bit o detección de un frente ascendente, cuando ésta instrucción está precedida por la instrucción '**L**' descendente, cuando ésta instrucción está precedida por la instrucción '**LN**'.

Ejemplo: El programa siguiente describe la detección de un impulso en la entrada 1 y la activación de la salida 1 tan pronto se detecta el impulso. El bit B0 asociado a la instrucción '**P**' sólo se debe utilizar una vez en el programa.

```
L I0,01  Lectura del estado de la entrada 1
P B000  Detección de un frente descendente en la entrada 1
= O0,01  Activación de la salida 1 tan pronto se detecta el
         impulso.
```

4.9.1 PROGRAMADOR CICLICO.

De un principio de funcionamiento similar al 'programador de levas', el **PROGRAMADOR CICLICO** permite ejecutar frecuencias previamente definidas en unos 'pasos'. El programador cíclico o '**DRUM CONTROLLER**' dispone de 16 'pasos' (con direcciones de 0 a 15), de los cuales uno solamente está activo a la vez. A cada uno de ellos está asociada una o varias órdenes, ejecutadas cuando el 'paso' está activo. La cantidad de 'pasos' utilizados debe ser inferior o igual a 16.

Cada orden consiste en mandar un '**BIT DE ORDEN**': bit de salida o bit interno. Durante el paso en curso, los bits de orden toman los estados binarios definidos por este paso.

La evaluación de un programador cíclico se efectúa paso a paso:

- Ya sea del paso n al paso $n+1$,
- O bien del paso n a un paso cualquiera.

Algunos controladores cuentan con 8 programadores cíclicos, dirigidos por D_i Donde $i=1,2,3 \dots 7$.

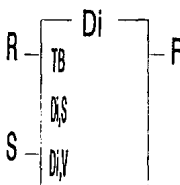
La figura 4.9.1.1 resume, sobre un ejemplo, las características de un programador cíclico.

COLUMNA	F	E	D		2	1	0	
BITS	*	*	00,01		B45	B100	00,10	
PASO 0	*	*	'1'		'1'	'0'	'0'	- DIW0
PASO 1	*	*	'0'		'1'	'1'	'0'	- DIW1
PASO 5	*	*	'0'		'1'	'0'	'1'	- DIW5
PASO 13	*	*	'1'		'0'	'0'	'0'	- DIW13
PASO 14	*	*	'1'		'0'	'1'	'0'	- DIW14
PASO 15	*	*	*		*	*	*	- DIW15
PASO 16	*	*	*		*	*	*	- DIW16

Figura 4.9.1.1 Resumen de las características de un programador cíclico.

La figura 4.9.1.2 agrupa las instrucciones gráficas que permiten programar a un programador cíclico.

REPRESENTACION



INSTRUCCION

ENTRADA R: [RESET] RETORNO AL PASO 0.

ENTRADA U: [UP] AVANCE DE PASO.

SALIDA F: [FULL] ULTIMO PASO EN CURSO.

PALABRA D_i, W_j : PALABRA DE 16 BITS.

DEFINICIONES:

PALABRA D_i, S : PALABRA COMPRENDIDA ENTRE 0 Y 15 BITS.

PALABRA D_i, V : PALABRA TIEMPO SOBRE.

TB: TIEMPO BASE; 1 MIN., 1 SEG., 100 MS. Y 10 μ S.

Figura 4.9.1.2 Instrucciones del programador cíclico.

La duración de actividad de cada 'paso' del programador cíclico se puede temporizar. En efecto, tan pronto un 'paso' está activo el valor corriente D_i,V se incrementa de una unidad, según la base de tiempos escogida (D_i,V evoluciona de 0 a 9999).

La palabra D_i,V se puede explotar para definir el tiempo de actividad del 'paso' en curso. Esta palabra se pone en 0 a cada cambio de 'paso'. A partir de un 'paso' dado, el programador cíclico se puede posicionar en un 'paso' cualquiera (arriba o abajo), para ello basta con escribir el número del paso deseado (valor inmediato) en palabra D_i,S (Fig. 4.9.1.3).

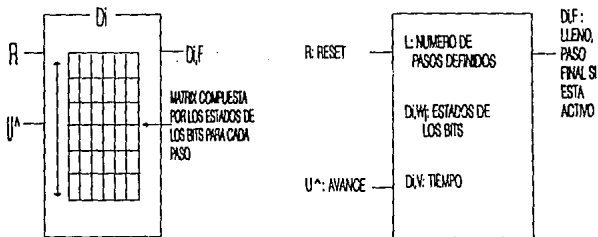


Figura 4.9.1.3 Programador cíclico con tiempo de activación del paso en curso.

4.9.2 FUNCION PASO A PASO.

La función 'paso a paso' permite asegurar el encadenamiento de una serie de tareas denominadas 'paso', en un orden determinado. Un sólo paso a la vez puede estar activo: en el estado '1'. A cada uno de estos pasos se puede asociar una o varias acciones. El controlador contiene 8 'paso a paso' numerados de 0 a 7: 0 (SCi) 7. Cada 'paso a paso' está constituido de 256 pasos: 0 SCi,j 255 (j: número del paso a paso, j: número del paso).

4.9.3 REGISTRO DE CORRIMIENTO.

El registro de corrimiento es un conjunto de bits asociados, que permiten almacenar informaciones binarias (niveles lógicos '0' o '1'). El controlador contiene 8 registros con desplazamiento (SR0) a (SR7). Cada registro (SRi) está constituido por 16 bits numerados de 0 a 15: SR,0 a SRi,15.

La información está almacenada en el registro posicionando uno a uno los bits al nivel lógico deseado. El contenido del registro se puede:

1. **Correr hacia la izquierda:** el contenido del bit 0 pasa al bit 1 y así sucesivamente. El contenido del bit 15 se pierde mientras que el contenido del bit 0 se posiciona en '0'.
2. **Correr hacia la derecha:** el contenido del bit 15 pasa al bit 14 y así sucesivamente. El contenido del bit 0 se pierde mientras que el contenido del bit 15 se posiciona en '0'.

El cuadro a continuación agrupa las diferentes instrucciones que permiten programar un registro con desplazamiento.

=	SRi,j	Afectación de un estado en un bit de un registro.
=N	SRi,j	Afectación de un estado inverso de un bit de un registro.
S	SRi,j	Puesta al estado '1' de un bit de un registro.
R	SRi,j	Puesta al estado '0' de un bit de un registro.
R	SRi	Puesta al estado '0' de los 16 bits de un registro.
CU	SRi	Sobre frente ascendente, desplazamiento a izquierda de un bit del registro.
CU	SRi	Sobre frente ascendente, desplazamiento a derecha de un bit del registro.

4.10 GRAFCET.

El GRAFCET no sólo está destinado a la descripción de la parte secuencial de la página de condiciones de un automatismo, sino que es además uno de los lenguajes gráficos que se propone para programar autómatas de manera secuencial en algunos casos. Permite definir la estructura del tratamiento secuencial a partir del grafcet de análisis. Es una perfecta adecuación entre análisis, programación y documentación. Un GRAFCET se compone de:

- Etapas, a las que se asocian las acciones que se van a efectuar, programadas en lenguaje a contactos o escalera.

- Transiciones a las que se asocian las condiciones (receptividades), programadas en lenguaje a contactos o escalera.
- Uniones orientadas que conectan las etapas y las transiciones.
- Pasos y activaciones simultáneas.

El gráfico se compone en algunos casos hasta de un máximo de 96 etapas y 128 transiciones que se pueden distribuir en 8 páginas. Cada página está compuesta por 8 columnas de 6 líneas, y cada columna puede recibir: un reenvío de origen, 6 etapas, 6 transiciones y un reenvío de destino. Una página GRAFCET corresponde a una ventana de la pantalla del taller software, una página del formulario y una página del dossier impreso. Además de los elementos gráficos, los bits sistema específicos permiten tener en cuenta los modos de funcionamiento: inicialización del GRAFCET, adelantamiento de etapas, mantenimiento de situación, congelación del gráfico.

A cada etapa se le asocia un bit de actividad Xi y un tiempo de activación Xi, y de 0000 a 9999s a los que se pueden acceder mediante el programa, y se pueden utilizar para el diagnóstico de aplicación. La tarea maestra de un programa (fig 4.10.1) escrito en lenguaje GRAFCET comprende 3 tratamientos:

1. **TRATAMIENTO PRELIMINAR (PRL)**, programado en lenguaje a contactos o escalera está destinado al tratamiento:
 - de las inicializaciones en restablecimiento de corriente,
 - de la gestión de los modos de funcionamiento,
 - de la lógica de entradas.
2. **TRATAMIENTO SECUENCIAL (SEQ)**, permite la transcripción gráfica y la gestión de los grafcet's tanto si son independientes o si están conectados. De acceso a los tratamientos de las acciones y receptividades. Sólo se escrutan las etapas activas y el tratamiento que está asociado a las mismas.
3. **TRATAMIENTO POSTERIOR (POST)**, programado en lenguaje a contactos o escalera, está destinado al tratamiento:
 - de las órdenes que proceden de los dos tratamientos anteriores,
 - de las garantías indirectas específicas de las salidas.

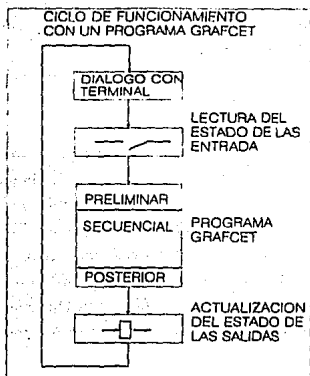


Figura 4.10.1 Lenguajes del Grafcet.

4.11 PROGRAMACION CON PALABRAS.

4.11.1 PALABRA.

Una palabra es un conjunto de bits definido en el sistema lógico: cada uno de los bits puede tomar únicamente los valores lógicos '0' ó '1'. Cuando la palabra se compone de 8 bits, se denomina octeto (fig. 4.11.1.1).

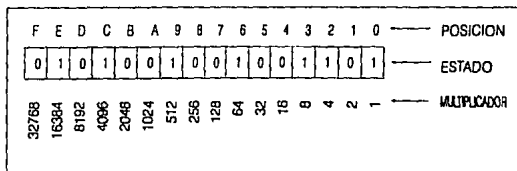


Figura 4.11.1.1 Palabra (conjunto de bit's).

4.11.2 CONTENIDO.

Las palabras utilizadas en lenguaje PL7-2 son conjuntos de 16 bits que permiten producir valores numéricos o informaciones lógicas en los diferentes códigos de numeración (decimal, binaria...). Ejemplo: '0101001001001101' es una palabra que contiene una información codificada en binario (con los valores lógicos '0' y '1'). El valor de esta palabra es: + 21069.

En el código binario de numeración (fig. 4.11.2.1), a cada bit de una palabra está asociado a:

- Un 'rango' o una posición, por ejemplo; la posición E es el bit número 14.
- Un 'peso' binario, cuyo valor depende de su rango, ejemplo; si los bits de rango 2 y 5 están a nivel lógico '1' y todos los otros bits en '0', entonces el contenido de la palabra es : +36 (fig. 4.11.2.1).

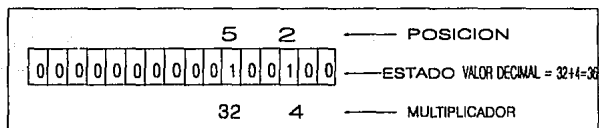


Figura 4.11.2.1 Código binario de numeración.

4.11.3 CODIFICACION.

Todas las instrucciones alfanuméricas en la terminal de programación (instrucciones de caracteres o de cifras), se transmiten al autómata programable en formas de palabras codificadas en binario: continuación de 0's y de 1's. De la misma forma el contenido de las palabras utilizadas en los programas aplicaciones, se puede definir en varios códigos de numeración:

- Código decimal (base 10),
- Código binario (base 2),
- Código hexadecimal (base 16),..

El bit 'F' de una palabra binaria, se atribuye por convención al signo del valor codificado:

- Si el bit 'F' está al nivel lógico '0', entonces el contenido de la palabra es positivo.

- Si el bit 'F' está al nivel lógico '1', entonces el contenido de la palabra es negativo.

Así, todos los valores numéricos comprendidos entre -32768, y +32767 se pueden codificar en una palabra. Ejemplo:

Si el valor decimal de la palabra es igual a 0, el valor binario es 0000000000000000.

Si el valor decimal de la palabra es igual a:

+32767(1+2+4+8+16+32+64+128+256+512+1024+2048+4096+8192+16384), el valor en binario es: 0111111111111111.

Si el valor decimal de la palabra es igual a -32768, el valor en binario es: 1000000000000000.

Las cantidades negativas codificadas en binario se utilizan raramente en el lenguaje PL7-2. En efecto, la manipulación de los números negativos codificados en decimal es mucho más corriente. El sistema se encarga entonces de convertir el valor en el código binario.

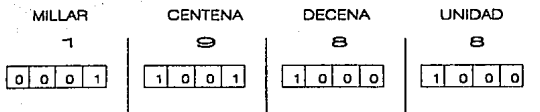
4.11.4 CODIGOS DE NUMERACION.

El valor numérico de una palabra se expresa generalmente en decimal. Por el contrario, el controlador trata el contenido de la palabra en forma binaria. Por lo tanto es necesario tener las reglas del paso de un código al otro. Existen otros códigos intermedios entre el binario y el decimal, como por ejemplo:

'DCB' (Decimal Codificado Binario) o 'BCD' (Binary Coded Decimal). Utilizado sobre todo para la visualización de informaciones en los visualizadores alfanuméricos o la adquisición de valores desde las ruedas codificadores. Este código, definido por convención, permite desglosar una palabra de 16 bits en 'cuartetos' es de decir 4 paquetes de 4 bits (un paquete por cada cifra comprendida entre 0 y 9).

ESTE CODIGO NO PERMITE EXPRESAR, EN UNA PALABRA, VALORES SUPERIORES A 9999.

Ejemplo: codifique en BCD el valor decimal 1988.



'HEXADECIMAL'. (Codificación en base 16), se utiliza principalmente para facilitar la programación: la continuación de 16 cifras '0' ó '1' (una para cada bit) se reemplaza por 4 caracteres alfanuméricos: uno para cada cuarteto. Las cantidades 10,11,12,13,14 y 15 se codifican respectivamente por medio de los caracteres alfabéticos A,B,C,D,E y F.

Este código se utiliza sobre todo en las operaciones lógicas para expresar conceptos que no son numéricos. (cuadro 4.11.4.1).

HEXADECIMAL	BINARIO
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Cuadro 4.11.4.1 Código hexadecimal.

4.11.5 IDENTIFICACION DE PALABRAS EN UN LENGUAJE DE PROGRAMACION PL7-2.

Las palabras utilizadas en el lenguaje PL7-2 son de diferentes tipos y se identifican por direcciones. Las palabras se utilizan generalmente en los bloques función (valores de preselección, valores corrientes,...) y también en los bloques operaciones como "operandos". El cuadro 4.11.5.1 muestra los tipos de palabras más comunes utilizados en este lenguaje de programación, que es muy parecido a los otros lenguajes.

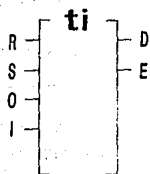
NATURALEZA DE LA PALABRA	DIRECCION	FUNCION
PALABRAS INTERNAS	W _i	<p>LA FUNCION DE ESTA PALABRA ES ASIMILABLE A LA DE LOS BITS INTERNOS. LAS MISMAS SIRVEN PARA MEMORIZAR LOS DATOS CODIFICADOS EN DECIMAL, HEXADECIMAL, BINARIO, ASCII. PARA EFECTUAR LAS COMPARACIONES, TRANSFERENCIAS,... CON OTROS TIPOS DE PALABRAS.</p> <p>EN EL TSX 17-20 EXISTEN 1024 PALABRAS INTERNAS: W₀ A W₁₀₂₃, DE LAS CUALES UNICAMENTE LAS 128 PRIMERAS: W₀ A W₁₂₇ SON DIRECTAMENTE ACCESIBLES. LAS MISMAS SE UTILIZAN COMO PALABRAS DE TRABAJO. EJEMPLO: PARA SITUAR EL VALOR DECIMAL 1988 EN LA PALABRA W₁₇, BASTA CON HACER UNA OPERACION DE TRANSFERENCIA: 1988-->W₁₇.</p> <p>LAS PALABRAS W₁₂₈ A W₁₀₂₃ SON PALABRAS DENOMINADAS DE ALMACENAMIENTO. SOLAMENTE LA TRANSFERENCIA DE CUADROS DE PALABRAS (CONJUNTOS DE PALABRAS CUYAS DIRECCIONES SE SIGUEN), ESTAN PERMITIDAS. EJEMPLO: TRANSFERIR EL CONTENIDO DE LAS PALABRAS W₁₈ A W₂₃ RESPECTIVAMENTE EN LAS PALABRAS W₁₂₈ A W₁₃₃: W₁₈[6] -->W₁₅₂₈[6].</p>

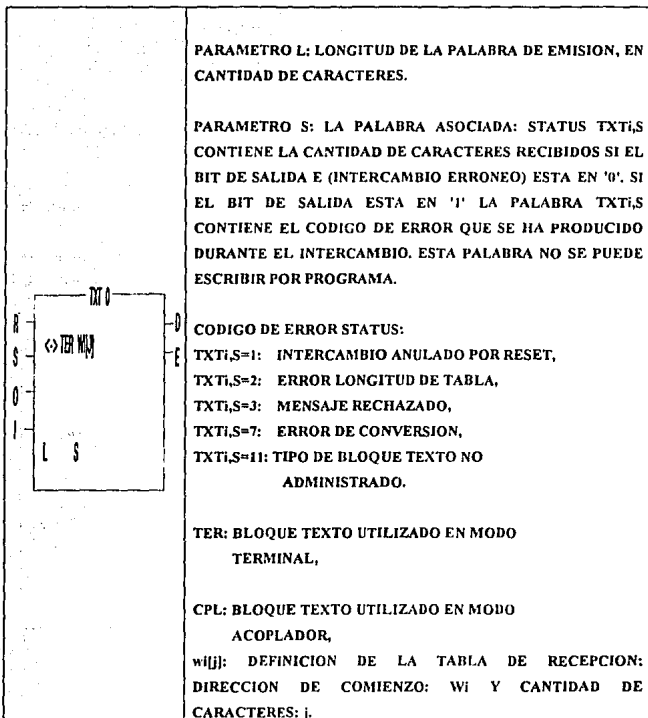
PALABRAS CONSTANTES	CWi	LAS MISMAS PERMITEN MEMORIZAR VALORES CONSTANTES. EXISTEN 1024 PALABRAS CONSTANTES: CW0 A CW1023, DE LAS CUALES UNICAMENTE LAS PRIMERAS 128 SE PUEDEN UTILIZAR DIRECTAMENTE. EJEMPLO: COMPARAR EL CONTENIDO DE LA PALABRA CW21 AL VALOR CORRIENTE CI, V. LAS PALABRAS CW128 A CW1023 NO SON ACCESIBLES DIRECTAMENTE; LAS MISMAS SE DEBEN TRANSFERIR, POR TABLAS, A LAS PALABRAS INTERNAS.
PALABRAS SISTEMA	SWi	LA FUNCION DE ESTAS PALABRAS ES ASIMILABLE A LA DE LOS BITS SISTEMAS. LAS PALABRAS SISTEMAS PERMITEN GARANTIZAR LA GESTION DE CIERTAS FUNCIONES DEL TSX 17-20 (FUNCIONAMIENTO DE RELOJ CALENDARIO, DE LOS ACOPLADORES...).
PALABRAS DE BLOQUES DE FUNCIONES	Ti,P Mi,V Ci,P...	ESTAS PALABRAS PERMITEN DEFINIR LOS PARAMETROS DE UN BLOQUE DE FUNCION: VALORES DE PRESELECCIÓN Y VALORES CORRIENTES ("Ti,P", "Ti,V", "Mi,V", "Ci,P"...). EL CONTENIDO DE ESTAS PALABRAS SE PUEDE ESCRIBIR, VISUALIZAR O PROBAR POR PROGRAMA.

Cuadro 4.11.5.1 Palabras utilizadas en el lenguajes PL7-2.

4.11.6 BLOQUE DE COMUNICACION.

Un mensaje es pues un conjunto de caracteres alfanuméricos contenidos en una tabla de palabras. Cada carácter que compone este mensaje está codificado en 8 bits. El código utilizable se denomina: ASCII (American Standar Code Information Interchange), y el mismo es compatible con la noción de octetos (8 bits). Ejemplo: el código ASCII de la letra 'A', expresado en hexadecimal, es H'41' (cuadro 4.11.6.1).

REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICIONES
	<p>ENTRADA R: (RESET) "INHIBICION, LA PUESTA EN '1' DE ESTA ENTRADA IMPIDE LA TOMA EN CONSIDERACION DE LA ENTRADA S. LA PUESTA EN '1' DE ESTA ENTRADA DURANTE EL INTERCAMBIO, OCACIONA SU INTERRUPCION Y POSICIONA LOS BITS TXTI,D Y TXTI,E, EN EL ESTADO '1'. EL CODIGO DE ERROR ESTA CONTENIDO EN LA PALABRA STATUS: TXTI,S.</p> <p>ENTRADA S: (START) "COMIENZO", EN EL FRENTE ASCENDENTE PROVOCA EL LANZAMIENTO DEL INTERCAMBIO DEFINIDO POR LAS ENTRADAS I Y O, SI LA ENTRADA D ESTA EN '1' Y LA ENTRADA R ESTA EN '0'.</p> <p>ENTRADA O: (OUT) "EMISION", LA PUESTA EN EL ESTADO '1' DE ESTA ENTRADA POSICIONA EL BLOQUE TEXTO EN EMISION.</p> <p>ENTRADA I: (IN) "RECEPCION", LA PUESTA EN EL ESTADO '1' DE ESTA ENTRADA POSICIONA EL BLOQUE TEXTO EN RECEPCION.</p> <p>SALIDA D: (DONE) "INTERCAMBIO TERMINADO", EL BIT ASOCIADO TXTI,D ESTA EN '1' TAN PRONTO EL INTERCAMBIO HA TERMINADO. SI EL BIT TXTI,E ESTA EN '0', EL BIT TXTI,D INDICA QUE EL MENSAJE SE HA EMITIDO Y/O RECIBIDO. SI EL BIT TXTI,E ESTA EN '1' EL BIT TXTI,D INDICA QUE EL INTERCAMBIO ESTA TERMINADO PERO EL MISMO ES ERRONEO.</p> <p>SALIDA E: (ERRO) "ERROR DE INTERCAMBIO", EL BIT ASOCIADO:TXTI,E ESTA EN '1' SI EL INTERCAMBIO NO SE HA TERMINADO. EL TIPO DE ERROR SE INDICA POR LA PALABRA STATUS: TXTI,S.</p>



Cuadro 4.11.6.1 Tabla de palabras.

4.11.7 BLOQUE TEXTO (bloque función definido en el PLC).

Permite intercambiar los mensajes codificados en ASCII, entre el programa (memoria de datos) y un periférico exterior (entre autómatas programables, terminal de programación, pantalla/teclado, visualizador de mensajes,...):

- ya sea emisión: del controlador hacia el periférico.
- o en recepción: del periférico hacia el controlador.
- o bien de emisión/recepción.

Algunos PLC's disponen de 8 bloques textos o más dirigidos del bloque TXTi (PL7-2 donde i= 0,1,2, etc), pueden ser del tipo:

- A) Terminal (TER): intercambios entre el controlador y un periférico a través de la toma terminal.
- B) acoplador (CPL): intercambios entre el controlador (PL7-2) y otro automático programable, a través de la toma terminal y con la ayuda de un protocolo de comunicación especializado (Uni-Telway) (fig. 4.11.7.1).

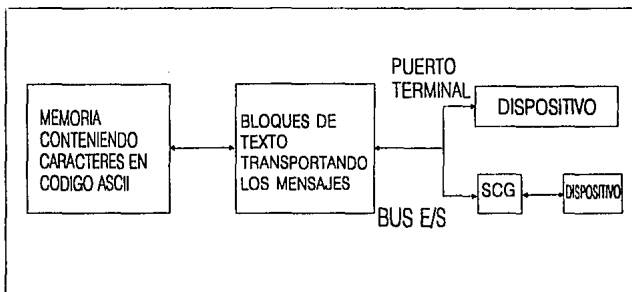


Figura 4.11.7.1 Protocolo de comunicación.

4.11.8 TABLA DE DATOS.

Para recibir un mensaje por medio de un bloque texto, es necesario definir la tabla de palabras W_i en la que el mismo se salvaguardará: dirección del comienzo de la tabla y cantidad de octetos. Esta tabla es denominada TABLA DE RECEPCION. El mismo solo puede contener 30 octetos a la vez.

Para emitir un mensaje por medio de un bloque texto, es necesario indicar la tabla de palabras que contiene este mensaje (dirección de comienzo y longitud). La misma se denomina tabla de emisión.

Esta tabla: Soló puede contener 30 octetos a la vez (mensaje a emitir < 30 caracteres). Debe estar obligatoriamente a continuación de la tabla de recepción. (fig. 4.11.8.1).

2do CARACTER A SER RECIVIDO	1er CARACTER A SER RECIVIDO	W_i
		W_i+1
TABLA DE RECEPCION (PALABRAS INTERNAS W_i)		W_i+2
		W_i+n
2do CARACTER A TRANSMITIR	1er CARACTER A TRANSMITIR	W_i+n+1
		W_i+n+2
TABLA DE TRANSMISION (PALABRAS INTERNAS W_i)		

Figura 4.11.8.1 Tabla de datos.

4.11.9 ORDENACION DE CARACTERES.

En el caso de recepción del mensaje:

'DIRECT' por ejemplo, los caracteres se ordenarán en la tabla de recepción como lo indica el siguiente cuadro (cuadro 4.11.9.1).

POSICION F	POSICION O	
I	D	W_i
E	R	W_i+1
T	C	W_i+2

Cuadro 4.11.9.1 Tabla de recepción.

Para emitir el mensaje: 'LEFT' por ejemplo, los caracteres se deben ordenar en la tabla de emisión como lo indica la tabla siguiente. Cuando el periférico visualiza el mensaje, los caracteres se ordenan en un orden legible (cuadro 4.11.9.2).

POSICION F	POSICION O	
E	L	Wi+3
T	F	Wi+4
?	ESPACIO	Wi+5

Cuadro 4.11.9.2 Tabla de emisión.

4.12 MODULOS ANALOGICOS.

El módulo analógico permite establecer la correspondencia entre magnitudes analógicas (tensión, corriente) y valores numéricos (decimales binarios): Las magnitudes analógicas provenientes de los captadores (sonda térmica, termopar, dinámico taquímetro,...), adquiridos por un módulo de entradas, se convierten en valores numéricos posteriormente explotados por el programa. Los valores numéricos definidos por programa se convierten en magnitudes analógicas y a continuación se transfieren a los módulos de salidas para suministrar a los preaccionadores las consignas de variación de regulación (gradador de potencia, variador de velocidad, ...), (fig. 4.12.1).

4.12.1. MODULO DE ENTRADAS ANALOGICAS.

EL módulo que comprende 4 entradas analógicas asegura la adquisición de 4 magnitudes evolutivas. Según el tipo de modelo, estas magnitudes son:

- Las tensiones comprendidas entre +10 y -10 V.

- las corrientes comprendidas entre 4 y 20 mA.

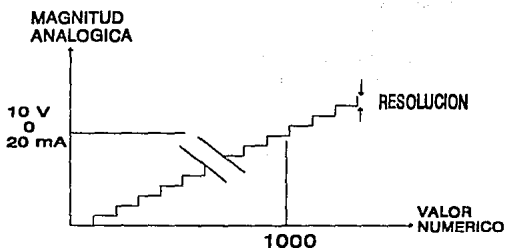


Figura 4.12.1 Correspondencia entre magnitudes analógicas y valores numéricos.

Estos modelos comunican con el programa por medio de las palabras registros IW. las medidas numéricas, imágenes de los valores analógicos de las 4 vías después de la conversión, se ordenan en 4 palabras registradas IW. La explotación de una medida por parte del programa se efectúa por medio de una simple operación de lectura de la palabra registro IW correspondiente. Después de la adquisición del valor de la VIA, j, la unidad central manda: El ordenamiento de la medida en la palabra registro IW_{i,j} (i,j dirección del módulo), la adquisición del valor de la VIA i+1 (módulo 4) y el lanzamiento de su conversión, (cuadro 4.12.1).

Módulo +10 -10 (resolución: X 100)	Módulo 4-20 mA sin corrimiento (resolución:/0.016)	Módulo 4-20 mA con corrimiento de escala (resolucion:/0.016)
+20,47 V ----> 2047	+32,752 mA ----> 2047	00,000 mA ----> 2047
+17,97 V ----> 1797	+28,752 mA ----> 1797	+32,752 mA ----> 1797
+10,00 V ----> 1000	+16,000 mA ----> 1000	+20,000 mA ----> 1000
+00,01 V ----> 1	+00,016 mA ----> 1	+4,016 mA ----> 1
000,00 V ----> 0	00,000 mA ----> 0	+4,000 mA ----> 0
-2,500 V ----> -250	-4,000 mA ----> -250	00,000 mA ----> -250
-10,00 V ----> -1000	-16,000 mA ----> -1000	-12,000 mA ----> -1000
-20,47 V ----> -2047	-32,752 mA ----> -2047	-28,752 mA ----> -2047
		-28,768 mA ----> -2297

Cuadro 4.12.1 Conversión de magnitudes.

4.12.2 MODULO DE SALIDAS ANALOGICAS.

Estos módulos transmiten hacia el exterior magnitudes evolutivas en:

- Las tensiones comprendidas entre + 10 y -10 V.
- Las corrientes comprendidas entre 4 y 20 mA.

El programa comunica con el módulo de salidas por medio de palabras registros OW. Los valores analógicos en la salida de un módulo son las imágenes después de la conversión, de los valores numéricos ordenados en las dos palabras registros OW. La asignación de una salida se efectúa por una simple operación de transferencia del valor numérico en la palabra registro correspondiente. Las vías se refrescan alternativamente: Una vía en cada ciclo de escrutinio de la tarea muestra, (cuadro 4.12.2).

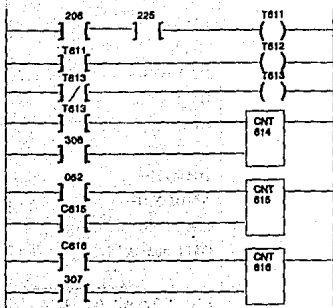
Módulo +10 -10 (resolución: X 0.01)	Módulo 4-20 mA (resolución: [X 0.016] + 4)
+2047 ---> saturación	+2047 ---> saturación
+1200 ---> +24.000 V	+1200 ---> +24.000 mA
+1000 ---> +10.000 V	+1000 ---> +20.000 mA
+1 ---> +0.01 V	+1 ---> +4.016 mA
0 ---> 0 V	0 ---> +4.000mA
-250 ---> -2050 V	-250 ---> 0 mA
-1000 ---> -10.00 V	-1000 ---> 0 mA
-1200 ---> -12.00 V	-1200 ---> 0 mA
-2047 ---> saturación	-2047 ---> 0 mA

Cuadro 4.12.2 Los valores analógicos en la salida de un módulo son las imágenes después de la conversión.

4.13 EJEMPLOS DE PROGRAMAS.

<p>ESQUEMA No. 1</p>	<p>PROGRAMA No. 1</p> <pre> LD X4 OR X8 ORI M102 OUT Y5 LDI Y5 AND X7 OR M103 ANDI X10 OR M110 OUT M103 </pre>
<p>ESQUEMA No. 2</p>	<p>PROGRAMA No. 2</p> <pre> LD X0 OUT Y0 LDI X1 OUT M100 OUT T00 SP K19 LD T00 OUT Y1 </pre>

ESQUEMA No. 3

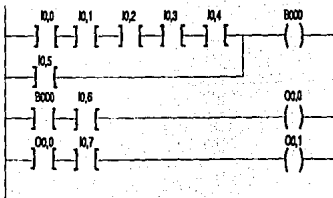


PROGRAMA No. 3

```

STR 206
AND 225
TMR 611
    B00
STR TMR 611
TMR 612
STR NOT TMR 613
TMR 613
STR TMR 613
STR 603
CNT 614
    750
STR 052
STR CNT 615
CNT 615
    500
STR CNT 615
STR 307
CNT 616
    900
    
```

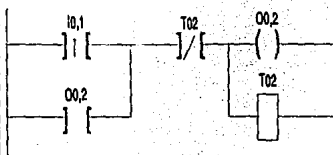
ESQUEMA No. 4



PROGRAMA No. 4

En algunos PLC's el esquema se transcribe directamente al programa haciendo más fácil la programación del PLC.

ESQUEMA No. 5



PROGRAMA No. 5

```

L I0,5
P B000
O O0,2
AN T002
= O0,2
= T002
    
```


CAPITULO 5

IMPLEMENTACION DE UN
CONTROL LOGICO
PROGRAMABLE EN UNA FABRICA
DE CARAMELOS

5.1 INTRODUCCION.

El controlador lógico es una potente y costosa herramienta con la que se pretende resolver problemas muy complejos e incrementar, en último término, los beneficios de la sociedad. Ello se ha logrado fácilmente, como resultado de una adecuada inversión en hombres, tiempo y fondos.

En la adquisición de un controlador tanto por el costo como por sus repercusiones sobre el personal y la producción, se requiere haberse efectuado un estudio previo del que se deduzca su oportunidad, conveniencia y la composición óptima del sistema para esta instalación, de forma que se asegure la utilización máxima del controlador.

La introducción de un controlador en una fábrica no significa el cambio sin mas del sistema de regulación analógica por otro digital. Ello no justificaría en general el costo del controlador.

La misión del controlador no es sólo la de resolver los problemas del control de la fabricación que se haya definido durante el estudio previo y que no pueden resolverse con los medios clásicos. Además de este objetivo importante y que pueden ya justificar de por sí la adquisición del sistema, el controlador debe utilizarse para ayudar a definir nuevos problemas, cooperar en la búsqueda de su solución, y optimizar el funcionamiento o explotación de la fábrica o alguna máquina en especial.

El controlador constituye un estímulo y una herramienta para que el personal dedique su capacidad a obtener el máximo rendimiento de la instalación, para lo cual es necesario tener algunos conocimientos sobre el control automático y ordenadores. Muchas veces no es frecuente que los tenga el personal de la fábrica, por ello, es preciso desarrollar un programa de formación de personal directivo, de explotación y mantenimiento.

Es necesario elaborar un informe que permita saber numéricamente las mejoras obtenidas que sean directamente imputables al controlador, pues permitirá decidir sobre un posible cambio de la configuración del sistema e incluso sobre la conveniencia de seguir empleándolo. Muy frecuente sólo se mira el resultado global

del conjunto, sin hacer distinciones de su procedencia lo que impide conseguir la explotación óptima de cada una de sus partes.

Los beneficios de disponer de un control lógico programable en una fábrica depende de muchos factores, como son los problemas existentes. A igualdad de los mismos dependerán de la calidad del estudio previo, selección del equipo suministradores óptimos, apoyo a la dirección, del personal y formación impartida al personal.

5.2 EL PROBLEMA.

En el campo de fabricación de caramelos, la penetración de los controladores lógicos programables es espectacular. Las operaciones de producción, de clasificación, de acondicionamiento, de embalaje se realizan automáticamente. Como en la mayoría de las unidades de producción alimentaria, está línea es modular para responder a las necesidades de flexibilidad y de evolución.

El aseguramiento de la producción diaria, ha ocasionado realizar el proyecto de automatización en una fábrica de dulces, comenzando por la preparación de pasta siendo ésta el área que ocasiona mayor problema en las etapas del proceso de manufactura. El proyecto de implementación se llevará a cabo en la TER BRAAK PRESWHIP que es una máquina programable para el cocinado y batido automático de mascaradas de frutas, masas de confite, centros para barras y otros productos similares.

Destacan:

- Un hervidor de termosifón de calentamiento a vapor, provisto de una bomba de vacío para la evaporación a temperatura baja de agua excesiva.
- Una vasija de presión para batir la masa.
- La operación de la máquina puede hacerse manualmente mediante botones pulsadores e interruptores (switches), o puede ser también totalmente automática.

5.3 EL PROCESO DE PRODUCCION.

El proceso de producción contempla tres etapas principales (fig.5.3.1):

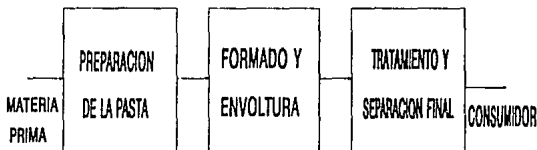


Figura 5.3.1 Etapas de producción.

1. Preparación de la pasta. Se mezclan los ingredientes básicos; azúcar cristalizada, glucosa, goma, saborizantes y colorantes, después se cargan a una cocinadora automática para obtener pasta de caramelo, siendo luego amasado a una temperatura controlada.
2. Formado y envoltura. Una vez que la pasta ha sido formada y progresivamente enfriada, se envuelven con una precisión de 1/100 mm. de esta manera se obtienen 140 barras individuales a razón de 100 unidades por minuto.
3. Tratamiento y separación final. Con ayuda de máquinas empacadoras de muy alta velocidad, se producen de 1300 a 1500 barras por minuto en cada máquina en paquetes del número deseado por el cliente o distribuidor, esto es, de acuerdo a los requerimientos de la compañía comercializadora.

5.4 EL PROYECTO DE AUTOMATIZACION.

La necesidad de correlacionar eficientemente todos los datos procesados por día, ha adoptado una estrategia basada en la siguiente opción (fig. 5.4.1):

- 1) Tener un registro de datos uniforme en toda la planta.
- 2) El uso de una base de datos.

- 3) Asegurar la disponibilidad de equipo y facilitar su mantenimiento por un sistema de trabajo dividido.

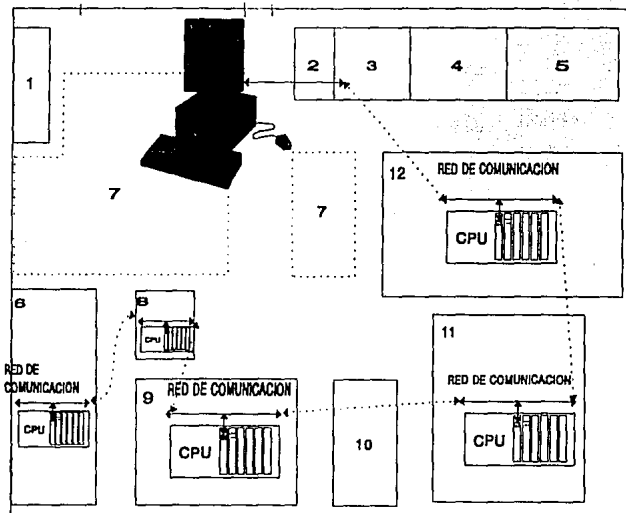


Figura 5.4.1 Distribución de la planta para el proyecto de automatización.

- 1) Tableros de distribución eléctrica.
- 2) Taller de mantenimiento.
- 3) Oficina de producción.
- 4) Oficina administrativa.
- 5) Vestidores de empleados.
- 6) Servicios generales.
- 7) Area de almacenamiento.
- 8) Marmitas de preparación de ingredientes.
- 9) Cocinadora de caramelos (lugar de acondicionamiento del PLC).
- 10) Zona de amasamiento.

11) Extrusor de amasamiento y enfriamiento.

12) Empacadoras y clasificación.

Las máquinas que la constituyen son prácticamente autónomas y pueden funcionar por separado. El empleo de los controladores permite el control de los productos y facilita la futura evolución de la instalación. En el proceso de fabricación de caramelos es muy importante el sabor y la textura del caramelo final, razón por la cual implementaremos un control lógico programable en este punto, que de hecho será el mismo que controle la cocinadora por tener pocas variables a controlar y ser un proceso muy simple.

El importante papel que juega la comunicación establece un sistema automatizado en forma piramidal (fig. 5.4.2) de cinco niveles, interconectados por redes de comunicación. El proyecto general de automatización es muy ambicioso y complejo, nuestro estudio sólo contempla una parte del proceso general, que es la preparación de la pasta que incluye la preparación de los ingredientes y el cocinado del caramelo. Tomaremos en cuenta la selección del equipo para poder tener comunicación con los otros puntos de la planta.



Figura 5.4.2 Sistema automatizado en forma piramidal.

5.4.1 PROCESO DE MEZCLA DE INGREDIENTES.

Para la mezcla de ingrediente la operación es sencilla y basta con sólo tener un programa de formulaciones a través del PLC acompañado de unas celdas de carga en la marmita de mezcla (fig. 5.4.1.1); la cual recibirá los ingredientes en un orden deseado por el operador y de acuerdo al peso formulado las válvulas de paso se mantendrán abiertas, esto es, los ingredientes caerán por gravedad a la marmita y conforme los ingredientes caigan a la marmita las celdas de carga mandarían las señales al control para que un batidor empiece a hacer la mezcla, la duración de la mezcla será un parámetro a controlar por el operador, una vez terminada la mezcla una señal dará la orden para que empiece a subir la mezcla a la cocinadora por medio de una bomba de vacío.

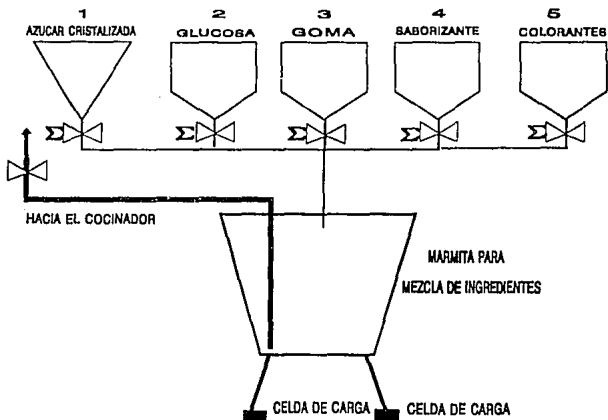


Figura 5.4.1.1 Proceso de mezcla de ingredientes.

5.4.2 PROCESO DE COCINADO DE CAMELOS.

El proceso de cocinado de caramelos es la parte esencial de nuestro problema y es aquí donde implementaremos el control lógico programable para dar solución al problema de fabricación de caramelos; haremos una descripción detallada de esta parte del proceso, para que de esta manera se pueda desarrollar un programa que

elimine definitivamente la tarjeta de control y los instrumentos de medición que actualmente ocasionan problemas de difícil reparación. Tomando en cuenta el esquema de la máquina completa (fig. 5.4.2.1), y haciendo mención a la numeración de las válvulas y motores en ese mismo esquema desarrollamos una serie de diagramas de flujo que describen perfectamente el proceso y las condiciones que deben cumplirse para el buen desarrollo del proceso.

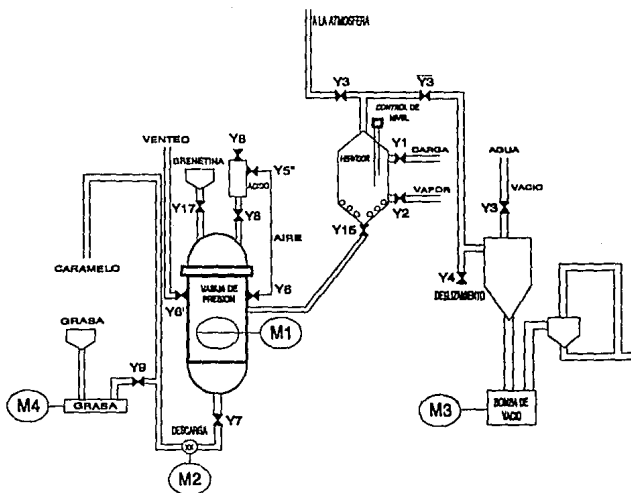


Figura 5.4.2.1 Esquema de la máquina a controlar.

Válvulas a controlar:

- 1.- Y1 Válvula de carga
- 2.- Y2 Válvula de vapor
- 3.- Y3 Válvula de vacío
- 4.- Y4 Válvula de deslizamiento
- 5.- Y5 Válvula de aire
- 6.- Y6 Válvula de ácido

- 7.- Y7 Válvula de vaciado
- 8.- Y8 Válvula de grenetina-ácido
- 9.- Y9 Válvula de grasa
- 10.- Y15 Válvula de descarga hervidor
- 11.- Y17 Válvula de cierre de compuerta

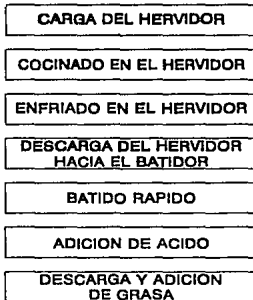
Motores a controlar:

- 1.- M1 Motor de batido para la vasija de presión (2 velocidades).
- 2.- M2 Bomba de descarga
- 3.- M3 Bomba de vacío
- 4.- M4 Bomba de grasa

Nota: Estas válvulas están operadas neumáticamente a través de válvulas 5/2 con bobina de 24 VCD, en la figura de la máquina algunas aparecen dos o tres veces, esto es, al energizar la válvula correspondiente unas cierran y otras abren de acuerdo a un circuito neumático que las controla.

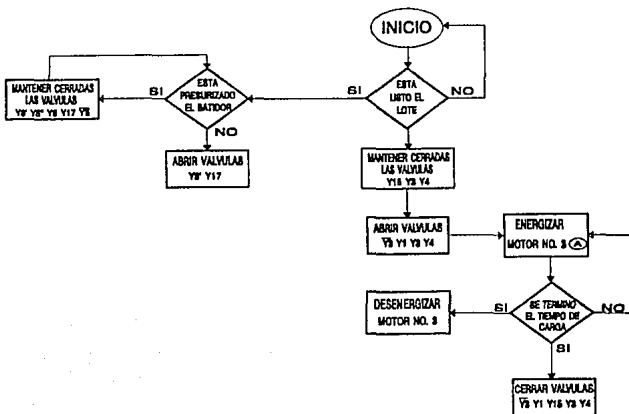
Los demás instrumentos de señalización y control no se mencionarán en este momento debido a que pretendemos cambiarlos y reacondicionarlos, sólo se hará mención de ellos en la descripción del proceso para tener una idea completa de su función dentro del proceso y así poder hacer una selección correcta de los mismos.

PROCESO DE COCINADO DE CARAMELO

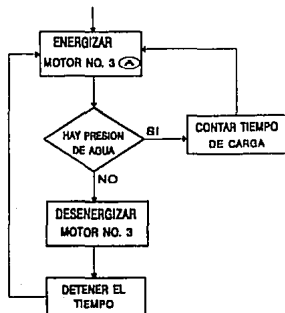


NOTA: TODAS LAS VALVULAS SON NORMALMENTE CERRADAS

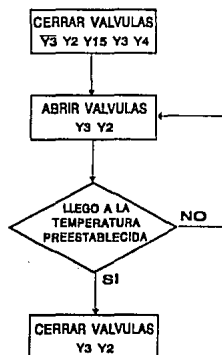
CARGA DEL HERVIDOR



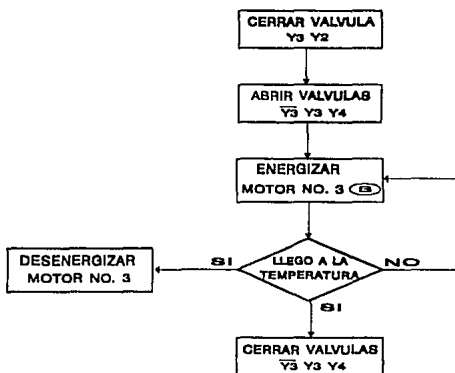
ACCIONAMIENTO DE MOTOR BOMBA DE VACIO DE MOTOR NO. 3 (A)



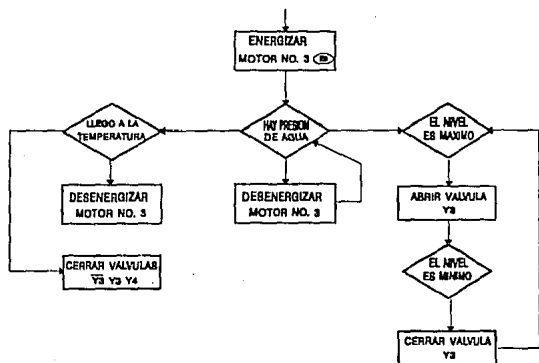
COCINADO EN EL HERVIDOR



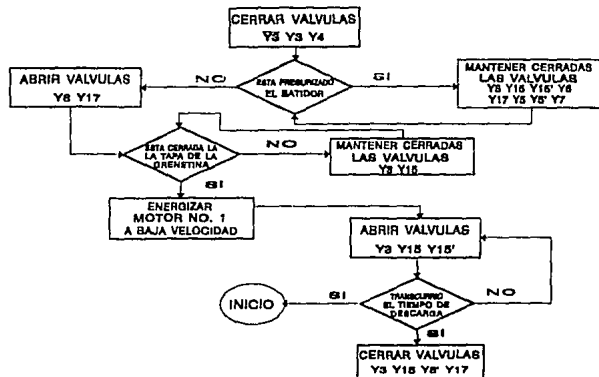
ENFRIADO EN EL HERVIDOR



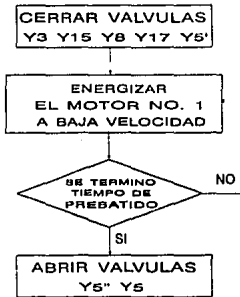
ACCIONAMIENTO DE MOTOR BOMBA DE VACIO DE MOTOR NO. 3 B



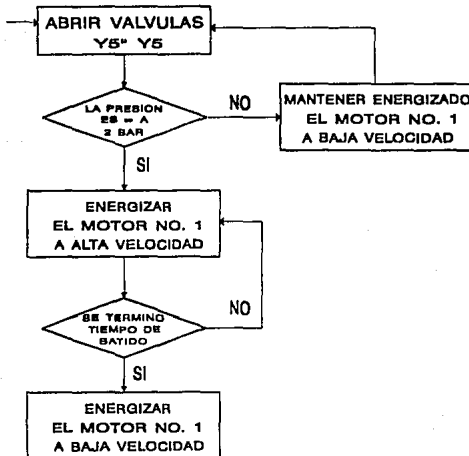
DESCARGA DEL HERVIDOR HACIA LA VASIJAS DE PRESION



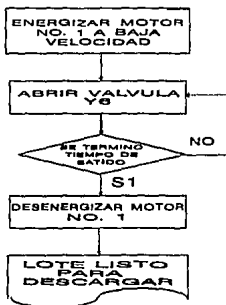
PREBATIDO



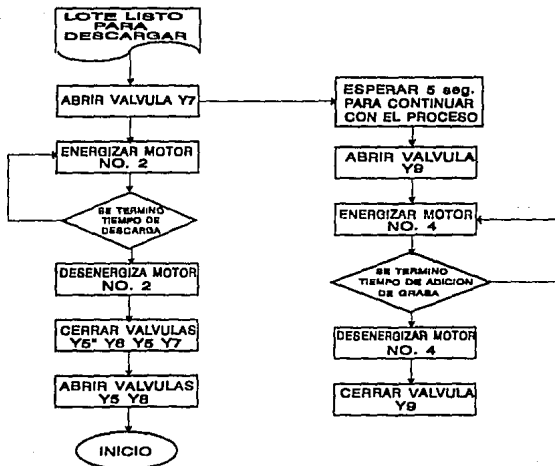
BATIDO A PRESION RAPIDA



ADICION DE ACIDO



DESCARGA Y ADICION DE GRASA



5.5 GENERALIDADES DEL SISTEMA.

La PRESWHIP es una instalación de escobillas a presión que comprende de un hervidor automático de lotes y una máquina aereadora para la producción de masaduras de fruta, masas de confite, centros para barras y otros productos similares, la máquina esta construida con tres sub-unidades interconectadas que trabajan juntas bajo el control de la unidad central (fig. 5.5.1).

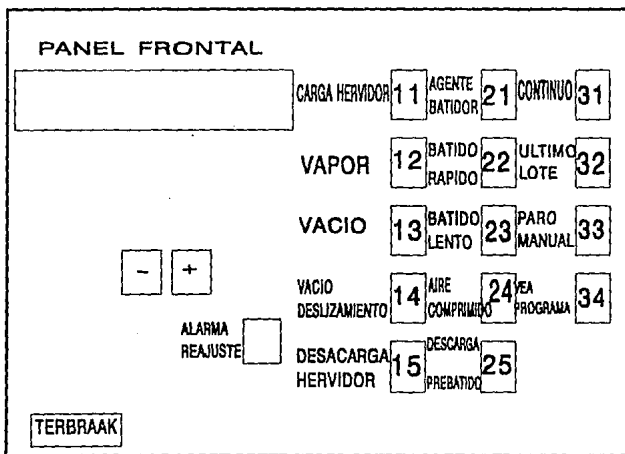


Figura 5.5.1 Panel de control de la Freswhip.

La PRESWHIP consiste en:

- 1) Un hervidor.
- 2) Una vasija de presión.

El funcionamiento general de la PRESWHIP está controlado por un microprocesador que permite una libre programación con botones pulsadores de la temperatura para cocinado y vacio de los controles de tiempo para el batido. Operar con esta Preswhip es posible en modo manual y automático.

5.5.1 EL HERVIDOR.

El hervidor esta adaptado con una bobina de vapor para proporcionar una gran superficie de intercambio de calor. También esta equipado con válvulas operadas neumáticamente para fines de alimentación, descarga, con iluminación, ventanas de observación, control de nivel capacitivo, salida de humedad de vapor y un juego de bombas al vacío para la evaporación a baja temperatura del exceso de agua.

5.5.2 LA VASIJA DE PRESION.

Con una capacidad de 300 litros, tiene tuberías conectoras para el agente de batido y el lote de jarabe para el hervidor. La cubierta de acero inoxidable para trabajo pesado, se cierra en posición mediante un pasador de bnyoneta y queda herméticamente sellada por un anillo perfilado de goma. La cubierta se levanta por medio de un volante de mano y el balanceo es restringido por un brazo. Tiene un dispositivo de seguridad de aire comprimido para evitar que la vasija sea abierta cuando esta bajo presión. La base esférica esta recubierta y es adecuada para calentarse o enfriarse por agua. En esta área se encuentra colocada una combinación horizontal de batido que comprende un escobillón fijo y dos rotatorios, la unidad es accionada por un motor de engranaje de dos velocidades, la relación de las dos velocidades es 4:2. La presión dentro de la vasija puede leerse en un indicador gradual, hay también dos conmutadores a presión conectadas a la vasija estos operan a límite de presión. El límite inferior es de 0.2-0.3 bar y si la presión es mas elevada, todas las entradas de las válvulas se mantienen cerradas. El límite superior es de 0.3 bar por debajo de la presión de descarga y controla el proceso de descarga automática. También tiene adaptada una válvula mecánica de seguridad ajustada en fábrica, para abrirse cuando la presión, dentro de la vasija presurizada alcance 3 bar.

5.5.3 BOMBA AL VACIO.

El hervidor esta provisto de una bomba al vacío para la evaporación a baja temperatura de agua excesiva, la solución por tanto, se reduce a la concentración requerida para su procesamiento posterior. La bomba es del tipo agua SiHi; usa agua como líquido de trabajo y es accionada a una velocidad constante.

5.5.4 UNIDAD DE CONTROL.

La unidad de control consiste en un gabinete metálico a prueba de rociado con puertas de cerradura. Este gabinete contiene todos los controles eléctricos para

el arranque y paro de la máquina y para ajustar los parámetros de operación. El panel frontal contiene todos los controles para la unidad de programación y para la operación manual y automática. A la derecha se encuentra el interruptor principal de suministro de energía eléctrica. No es necesario abrir las puertas excepto para fines de servicio.

5.6 ESTUDIO PREVIO.

La decisión de iniciar un proyecto para la introducción de un controlador debe ser fruto de un serio análisis sobre la empresa, el mercado, el proceso de producción en la fábrica, las futuras ampliaciones previsible, disponibilidad de personal adecuado, de controladores en el país, resultados de las aplicaciones de los controladores en otras fábricas y la actuación de competencia. Por el contrario, la decisión de no utilizar un controlador especialmente cuando otros ya lo utilizan, no debe basarse en una desconfianza apriorística. El estudio previo o de viabilidad implica llevar a término el mencionado análisis y con el fin de llegar a conclusiones que permitan resolver en sus líneas generales el problema. En el estudio previo deben determinarse los problemas de fabricación susceptibles de ser solventados mediante la utilización de un controlador, así como la repercusión económica de estas mejoras.

La existencia de suministradores de controladores programables y equipo anexo con experiencia en el control de la fabricación, así como los resultados obtenidos por otras empresas, ya sea en el mismo país o en el extranjero, elementos importantes y tal vez decisivos para tomar una decisión.

Dejando aparte la necesidad del estudio previo para poder llegar a conclusiones con las mayores garantías de éxito, hay una serie de ventajas que se derivan sin más de su simple elaboración entre las que destacan un mejor conocimiento de los actuales problemas de fabricación y la posible reducción de los mismos debido a su mejor conocimiento y a la asesoría recibida para la elaboración del estudio previo. En caso de decidir la implantación del controlador, se estará más

cerca de su puesta en marcha y el personal propio estará más familiarizado con el mismo y sus técnicas ya desde el comienzo del proyecto.

Es un grave error no realizar el estudio a su debido tiempo por razones tales como el tener el personal ocupado en otras actividades , por las consecuencias económicas pueden ser importantes. En casos tales no debería dudarse en recurrir a una ayuda del exterior para su ejecución. El equipo que realiza este estudio debe estar compuesto por técnicos en la producción y especialistas en controladores programables y en control de procesos industriales. La duración del estudio depende del conocimiento que se tenga del proceso, de los problemas existentes y del equipo humano, entre otros factores. En las fábricas que los han llevado acabo a oscilado entre unos meses y tres años.

5.6.1 PROBLEMAS ACTUALES DE FABRICACION.

Dentro del proceso de manufactura el problema más grave se encuentra en la fabricación de pasta, esto es en el cocinado de caramelos y la formulación de la mezcla para cada tipo de caramelo, en esta etapa se encuentra una máquina de cocinado de caramelos la cual contiene un control de temperatura y un control de nivel que deben ser exactos y precisos cosa que no ocurre actualmente, esta máquina contiene un tablero de control que actualmente opera en un 50% de su capacidad debido a un diseño especial de fabricación en su sistema, queremos decir que la máquina contiene una tarjeta electrónica para su control, un microprocesador con interfaces de salidas y entradas; razón por la cual, la solución a un problema se vuelve casi imposible y el personal técnico y de producción existentes han hecho una serie de modificaciones (puentes eléctricos) que el sistema se ha convertido en un control casi manual.

En conclusión podemos mencionar los siguientes problemas que pretendemos resolver con la implementación del PLC.:

- 1) Falla del control de temperatura en el hervidor.
- 2) Falla del control nivel en el hervidor.
- 3) Dificultad de encontrar refacciones y servicio técnico para la tarjeta electrónica especializada.
- 4) Dependencia absoluta del constructor de la máquina.
- 5) Refacciones eléctricas de los circuitos de control de potencia poco comunes.

- 6) Fallas continuas del sistema neumático.
- 7) Fallas continuas del sistema eléctrico.
- 8) Instrumentos de medición de presión de marca desconocida por lo tanto difícil de encontrar refacciones o calibrar en algunos casos por no tener la información correcta .
- 9) Algunos otros captadores no necesarios y que en ocasiones detienen el proceso.
- 10) Problemas mecánicos en general.

5.6.2 PERIODICIDAD Y DURACION.

Son muy frecuentes debido a la poca información en la tarjeta de control electrónica y a la poca información de los instrumentos de medición, la duración de un problema puede ser de unos segundos hasta semanas en algunos casos, por no tener en existencia refacciones o una visualización exacta del problema, lo que ha ocasionado algunas veces la espera de un técnico especializado de la misma máquina. Una consecuencia fatal de estos problemas es el paro total del proceso de producción que a su vez convierte un proceso de manufactura deficiente económicamente.

5.6.3 POSIBLES SOLUCIONES.

Tomando en cuenta las características del proceso y la información de los componentes del sistema hemos pensado en tres posibles soluciones:

- 1) Por un control clásico (electromecánico); Utilizando este sistema obtendríamos un buen control del proceso, siempre y cuando se haga una buena selección de los instrumentos de medición. La ventaja de este sistema sería para el operador y personal de producción facilitando la solución a un problema, debido a que los componentes fueran de fabricación local y muy comunes, los problemas de este tipo de controles es fácil de solucionar dada la amplia experiencia de los operadores en este tipo de controles por ser clásicos y muy conocidos. Una desventaja de este tipo de controles es que en la fabricación son alambrados punto a punto por medio de cables eléctricos, lo cual significa una gran cantidad de horas hombre empleadas para esta operación, además del alto número de errores en las conexiones y un proceso de verificación posterior. Por un gran número de componentes diversos, la fabricación de un control electromecánico requiere de un gran inventario, tomando en cuenta que también requerirán componentes diversificados de acuerdo al tipo de control. El control

electromecánico requiere de continua limpieza y ajuste de los contactos eléctricos de los diversos circuitos que los componen. El reemplazo de los contactos gastados y bobinas quemadas de los relevadores, implica gasto de tiempo de los operadores y paro del proceso lo cual ocasiona pérdidas económicas.

- 2) Por un control en base a un control lógico programable; utilizando este sistema eliminaríamos primero que nada las desventajas ya mencionadas en el control electromecánico, También se eliminarían una serie de interfaces electromecánicas dado que el PLC puede recibir directamente las señales de los captadores e instrumentos de medición, lo mismo puede enviar directamente señales de control hacia las bobinas de los contactores y electroválvulas neumáticas.
- 3) Reacondicionamiento de la máquina con el constructor de la misma, con esta solución la máquina debe quedar al 100% tal y como se adquirió.

5.6.4 AREAS ELEGIDAS.

Tomando en cuenta el proceso de fabricación global, hemos llegado a la conclusión que la etapa de fabricación de la pasta es la más crítica y la que ocasiona mayor problema actualmente y dentro de esta etapa el proceso de preparación de pasta y el proceso de cocinado de caramelos. Para la solución de estos problemas hemos elegido particularmente la cocinadora automática para acondicionar el control lógico programable junto con una terminal de diálogo industrial para su automatización, también un control automático para la formulación de ingredientes para la mezcla de los mismos y enviarlos hacia la cocinadora.

5.6.5 LA JUSTIFICACION.

Para el ingreso de un control lógico programable debe haber una justificación muy fuerte debido a lo que representa en inversión y nosotros podemos visualizar claramente su ingreso, primero porque solucionará todos los problemas existentes, y en base a las tres posibles soluciones podemos decir:

En la solución por control clásico utilizaríamos quizás una exagerada cantidad de relevadores de control, además de todas las desventajas ya mencionadas para su instalación, fabricación y mantenimiento. Con este tipo de control diseñaríamos un control eficiente pero obsoleto a lo que pretendemos.

La solución en reacondicionamiento de la máquina quedaríamos en la misma situación que ocasiono todo el problema, dependencia absoluta del fabricante de la máquina, problema que se quiere eliminar, además sería una inversión muy costosa porque se necesitaría la asistencia de personal técnico de la máquina de procedencia no local. En la solución con un controlador lógico programable debe ser la mas idónea para este proceso, tomando en cuenta todo lo que ya se ha mencionado de ellos en capítulos anteriores, además las siguientes ventajas justifican aún más su implementación:

- 1) En el proceso global de fabricación ya existen otros controladores lógicos programables.
- 2) Estos controladores tienen la capacidad de tener o aceptar módulos de comunicación para tener en un futuro un monitoreo global del proceso de manufactura.
- 3) Se puede elegir entre varios fabricantes el mas idóneo para nuestro proceso y necesidades futuras.
- 4) La existencia de técnicos e ingenieros locales.
- 5) Fácil adquisición de estos equipos.
- 6) Los mismos controladores tienen como accesorios terminales de diálogo industrial directamente comunicables, lo que facilitaría el monitoreo y ajuste de parámetros del proceso.
- 7) Por su configuración es más fácil de detectar fallas de proceso, mismas que se pueden programar en la terminal de diálogo para su fácil detección y solución lo que beneficiaría en paros mucho más cortos del proceso.
- 8) Por ser modulares estos equipos pueden seguir creciendo de acuerdo a nuestras necesidades.
- 9) ETC.

5.6.6 EL EQUIPO HUMANO.

En la selección del controlador lógico programable debemos tomar en cuenta la formación técnica que el fabricante debe dar al usuario y personal involucrado en el proyecto de automatización. Debemos seleccionar un grupo de técnicos e ingenieros que se integren con el fabricante para tener un conocimiento exacto del proceso y del equipo a utilizar y de esta manera se pueda tener la mejor selección del equipo en base a las características del proceso a controlar. De la misma manera debemos tener un buen seguimiento del proyecto global; adquisición de equipos de

instrumentación, de la instalación, de los accesorios y de la puesta en operación, todas estas actividades seguidas de un buen plan de trabajo del fabricante en conjunto con el usuario final.

5.7 SELECCION DEL EQUIPO.

La elección del controlador lógico programable más adecuado a este caso en particular resulta difícil. Siendo este un equipo caro como inversión inicial, las diferencias entre los distintos equipos y marcas representan cantidades considerables. Para minimizar esta dificultad, las especificaciones a las que deben ceñirse las hemos redactado considerando el estudio previo antes mencionado. Haciendo también reuniones con los fabricantes de controladores y otros equipos en general. Aunque no sean definitivas, las especificaciones deben ser lo mas detalladas y completas posibles para forzar soluciones comparables entre si. Encaminado también a ello, hemos elaborado diagramas y dibujos de control en la descripción del proceso, debemos mencionar instrumentación y sistemas de alarmas deseado.

Por lo tanto al equipo periférico y de conexión con el proceso dedicamos atención similar, pues el precio resulta importante en el conjunto.

5.7.1 SELECCION DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

Lo más importante para el proyecto es la selección del PLC, por está razón elaboramos un relación entre equipos de diferentes fabricantes, posibilidades y precios. Tomando en cuenta la arquitectura y posibilidades de expansión redactamos la siguiente solicitud de equipo para solicitar concursantes en el desarrollo del proyecto y poder hacer una comparación entre ellos eficaz y justa, y cumplir en un 100% la solución del problema;

Requerimientos y características del controlador:

- 1. Procesador y capacidad de memoria.**
- 2. Capacidad mínima de 32 entradas digitales a 110 vca.**
- 3. Capacidad mínima de 32 salidas digitales a 24 vca.**
- 4. Alimentación general de 110 vca.**

5. Módulo de entradas analógicas para recibir señal de PT100 directa o con acondicionador de señal.
6. Capacidad de comunicación en sistema de red con otros PLC's.
7. Conexión directa hacia una terminal de diálogo industrial.
8. Conexión a impresora.
9. Tipo de lenguaje de programación y terminal de programación.
10. Servicios auxiliares al equipo (capacitación, asistencia técnica, etc.).

Las respuestas obtenidas son las siguientes, las cuales analizaremos:

FABRICANTE No. 1

Un Procesador AISCPU; 256 E/S de control máximo, memoria EEPROM de 8K de palabras .

Una Fuente de poder AIS62P; Alimentación 110/220 VCA, salidas de 5VCD-5AMP. Y 24VCD-0.6AMP.

Una Tarjeta de entradas AIS41X; 32 entradas a 24VCD tipo sink.

Dos Tarjeta de salidas AISY10; 16 salidas tipo relay.

Una Tarjeta de entrada tipo RTD AIS62RD3; Dos canales de entrada RTD (3 cables) tipo PT100.

Un Rack de conexión AIS35B; Con un Slot para fuente de poder, un Slot para CPU, y cinco Slots para tarjetas de entradas y salidas.

Una interface de operador MTA250; Con un display VDF de 4 líneas de 20 caracteres c/u, funciones de alarma y alimentación general de 24VCD de alimentación.

Ingeniería Hardware que incluye; Gabinete, cableado a tira terminal, identificación y cableado de tira terminal a elementos de campo (diagramas).

Ingeniería software que incluye; Programación del PLC, documentación y puesta en operación.

Notas:

Los equipos cuentan con una garantía contra defectos de fabricación de un año a partir de la fecha de entrega.

El fabricante No. 1, quien es representante de servicio, autorizado por Mitsubishi Electric Corporation cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para mantener en operación el equipo.

Este equipo tiene la capacidad de comunicación con otros equipos, a través de módulos de comunicación, los cuales no están contemplados en esta oferta por no ser necesarios en este momento.

La forma de programación puede ser a través de una terminal industrial de la misma marca o con el software correspondiente cargado en una IBM PC o PC compatible con IBM.

La programación puede ser por gráficos de escalera o por diagramas de estados y transiciones.

FABRICANTE No.2

Sistema de control lógico programable modelo FPC-202 con capacidad de 32 entradas y 32 salidas todas ellas a 24VCD. Montado en una charola metálica de 60 cm. de ancho por 55 cm. de alto, precableado y listo para ser instalado en su gabinete ya existente. Incluye fuente de 24VCD 4AMP.

El sistema de control actual se sustituirá por el PLC FESTO. Por lo tanto, el display también será reemplazado por otro display de la misma marca. Este será utilizado para modificar los tiempos del proceso, visualizar fallas y etapas del proceso en operación.

Respecto al instrumento de control de temperatura, que actualmente se efectúa con un sensor RTD-PT100, le recomendamos que utilicen un pirómetro que se adapte a sus necesidades de precisión y resolución. Tiene que ser un pirómetro con salida a relevador para enviar esta señal de TEMPERATURA ALCANZADA AL PLC.

Por otro lado, las teclas para operación manual del proceso, que actualmente se utilizan en el sistema, deberán sustituirse por botones pulsadores y/o selectores.

Servicio de ingeniería que incluye; Programación documentación, pruebas, puesta en marcha del sistema.

Notas:

El fabricante no suministrará la mano de obra de la instalación eléctrica, la cual deberá ser efectuada por el usuario., Con la asesoría y supervisión técnica por parte de nosotros.

La posibilidad de comunicación es muy remota, debido a la dificultad de acoplamiento de algún módulo de comunicación al PLC, lo cual se haría con equipo ajeno a nosotros.

La programación es a través de una terminal industrial de la misma marca o con el software correspondiente para IBM PC o PC compatible con IBM.

La programación es en lenguaje de escalera.

FABRICANTE No. 3

Tomando en cuenta su proceso de fabricación y las características entradas y salidas requeridas digitales y analógicas se recomienda la utilización de un control lógico programable TSX 47 dado que responde fundamentalmente a necesidades de aplicaciones secuenciales (512 E/S como máximo).

Este controlador se programa en lenguaje PL7-2 (GRAFNET GRAFICO Y LENGUAJE A CONTACTOS LADDER), el lenguaje a contactos está especialmente adaptado para el tratamiento combinatorio. Ofrece además una biblioteca de funciones preprogramadas (temporizador, monoestable, programador cíclico...). Los bloques operacionales permiten realizar funciones de tratamiento numéricos (operaciones aritméticas, lógicas, conversiones...). El lenguaje GRAFNET define la estructura secuencial de la aplicación. Esta formado por etapas y transiciones, utiliza el lenguaje a contactos para la programación de las acciones asociadas a las etapas y de las receptividades asociadas a las transiciones que son de tipo combinatorio.

El controlador tiene la capacidad de recibir mediante una interface de entrada analógica la señal de medición de temperatura directamente, para este caso se recomienda la utilización de un PT100 como sensor de temperatura por ser este tipo un sensor confiable además que el acoplador interface del PLC recibe la señal directamente sin necesidad de algún acondicionador de señal.

El controlador tiene la capacidad de conexión directa a una terminal de diálogo industrial para el diálogo operador-máquina.

El controlador si fuera necesario se puede comunicar en RED con otros controladores, anexando una tarjeta de comunicación, que puede implantarse en cualquier emplazamiento del rack base.

El controlador acepta una gran variedad de módulos de entradas y salidas digitales, que pueden ser salidas a relé, a transistor a triac y entradas a 110 VCA ó 24 VCD.

Tomando en cuenta estas ventajas recomendamos la siguiente arquitectura:

1 PZ Controlador lógico programable TSX47FI; con fuente de alimentación de 110/220 VCA. 50/60 HZ. Y un procesador que soporta un cartucho de memoria de usuario.

1 PZ Memoria RAM de 32 Kpalabras. Con salvaguarda de datos de 6 meses.

3 PZs Módulo de entradas digitales (16 entradas a 110 VCA.) TSXDET16FI.

3 PZs Módulo de salidas digitales (16 salidas a relé) TSXDST16FI.

1 PZ Módulo de entradas analógicas (para recibir señal de termopar o PT100) TSXAEMFI.

1 PZ Terminal de diálogo industrial; 30 teclas función, doble display de 16 caracteres alfanuméricos.

1 lote de conectores y accesorios de cableado (borneros de conexión de 16 vías para módulos de entrada y salida, bornero de conexión para módulo analógico, tapas para espacios vacíos, masa de tierra, guías para cable,...).

Servicio de ingeniería software y acondicionamiento del controlador sobre la máquina, que incluye; la programación del equipo de acuerdo a la secuencia de control proporcionada por el usuario, documentación; planos eléctricos y neumáticos y el programa impreso, manual del usuario para su operación y mantenimiento, cableado e identificación de las entradas y salidas del PLC con los elementos de campo, un curso de programación de controladores lógicos programables y terminales de diálogo industrial.

Como fabricante de equipo de control a nivel internacional ofrecen los siguientes servicios:

FORMACION: La reducción de los gastos de estudio y utilización de los PLC's en los automatismos industriales se consigue con la facilidad de programación asistida de nuestra gama de controladores y con la formación de los usuarios y diseñadores de sistemas de automatismos.

CENTRO DE PRUEBAS Y CAPACITACIÓN: En nuestras oficinas está a disposición de nuestros clientes un centro de pruebas donde se podrán efectuar las tareas siguientes:

- Programación.
- Simulación de los programas.
- Archivo de los programas.
- Puesta a punto de los programas.

- Asistencia técnica para establecimiento de la estructura del automatismo y asesoramiento para la elección del material y la programación.

ASISTENCIA POSVENTA: Un equipo de técnicos especializados, no solamente en lógica programada, si no también en las técnicas de control a base de relés, contactores, variadores de velocidad, periféricos, etc... está a disposición de nuestros clientes para el asesoramiento durante:

- La puesta en servicio de una máquina o proceso automatizado.
- La intervención sobre la gama de controladores.
- Un servicio de reparación seguirá efectuando el cambio estándares de los elementos averiados aún después de caducar la garantía de dichos elementos.
- Existe un stock de piezas de repuesto disponibles rápidamente. No obstante, se aconseja la constitución de un stock propio cuando la instalación lo requiera.

De las ofertas de los tres fabricantes el número tres es el que satisface nuestras necesidades, por lo tanto lo hemos seleccionado.

5.7.2 SELECCION DE LOS CAPTADORES.

5.7.2.1 SELECCION DEL CONTROL DE TEMPERATURA.

Para la selección del control de temperatura basta con tener el rango de temperatura y las características de acoplamiento con el control; la temperatura a medir es de 0 a 150 °C, debido a que la tarjeta del PLC seleccionado (fig. 5.7.2.1.1) admite directamente señales de termopar tipo PT100, tomando en cuenta también las características de acoplamiento con el hervidor.

ACOPLADOR TSXAEMFI ANALOGICO

PROCESADOR PLC

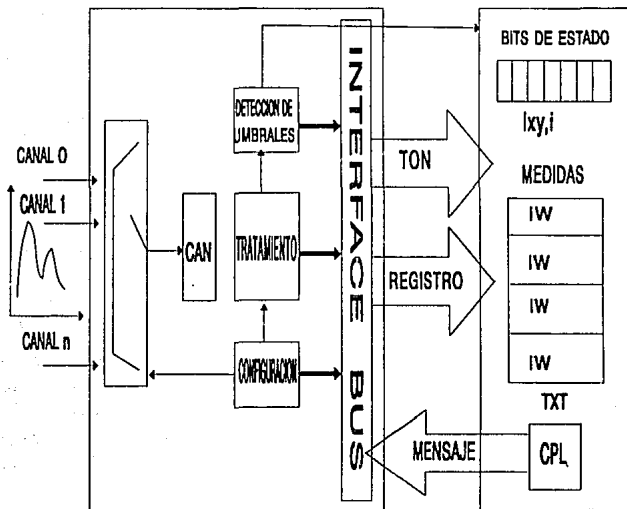


Figura 5.7.2.1.1 Control de temperatura.

CARACTERISTICAS DE LA TARJETA:

Características de entrada:

No. de canales	4
Gamas	+/- 1 V. 0/1 V. 0.2/1 V. PT100 (°C) PT100 (°F)
Alimentación sensor	1mA +/- 0.1%
Impedancia de entrada	mayor de 10 megaohms

CARACTERISTICAS ESTATICAS:

Resolución	16 bits
Error	
25 Grados Sonda	0.22% PE
0-60 Grados Sonda	0.58% PE
Rechazo	
modo serie	22 dB
modo común	100 dB

CARACTERISTICAS GENERALES:

Protección VS sobretensión +/-30 V.	
Aislamiento	
Entre canales	1500 VCA.
Entre Canal/Bus	1000 VCA.

Por lo tanto hemos seleccionado un sensor de temperatura Mod. TST414 Mignon, para instalarlo en el tanque del hervidor y acoplarse en un termoposo tipo D, reforzado, con conexión roscada plana G 5.5 mm., seleccionado para un rango de medición de 0 a 150 °C, y un termoposo con longitud de 20 cm. para ser instalado en la pared del tanque del hervidor con cople roscado para recibir el sensor de temperatura.

5.7.2.2 SELECCIÓN DEL CONTROL DE NIVEL.

Para el control de nivel hemos seleccionado un sistema capacitivo (fig.5.7.2.2.1), debido a que éste sistema se utiliza con todos los productos, y, tanto con líquidos como con áridos, además que es adecuado para la detección de nivel límite a la medición continua. Su principio de funcionamiento es simple y se acopla exactamente a nuestras necesidades; la sonda y la pared metálica del hervidor (depósito) forman un condensador, la capacitancia viene determinada por la superficie de las placas del condensador (sonda y paredes del depósito) y la separación entre ellas, así como por la naturaleza y el estado del material (dieléctrico). Al ir llenando el depósito, aumenta la capacitancia del condensador.

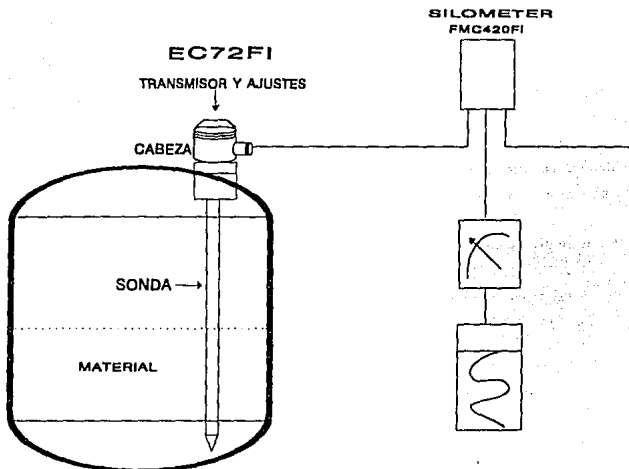


Figura 5.6 Control de nivel.

De esta manera hemos seleccionado específicamente un transmisor para sonda capacitiva modelo FMC420FI presentación MINIPAC, que controlará los valores de el sensor que se instalaran en el hervidor EC72ZFI, este equipo se alimenta con 110 V. y cuenta con un sólo canal y salida analógica de 4-20 mA. El equipo viene para instalarse sobre riel en el gabinete de control, además sirve para la detección de niveles límite por salida de señal por relé.

5.7.2.3 SELECCION DEL SENSOR INDUCTIVO.

Para asegurarnos que la compuerta de grenetina-ácido este cerrada, y evitar que la presión expulse el caramelo cuando el sistema este presurizado. Hemos elegido entre los diferentes tipos de captadores posibles (detectores electrónicos de proximidad, detectores fotoeléctricos, interruptores de posición de contacto, etc.) un sensor de proximidad inductivo que fijaremos en la compuerta, que enviara una señal de relé cuando este cerrada. El sensor inductivo de diámetro 18mm, alcance nominal de 5mm, alimentación 110 V. y salida a relé es un XS1M18FI024.

5.7.2.4 SELECCION DE PRESOSTATOS.

Para controlar las presiones de aire, de agua, de la presión de 2.5 bar, 1.5 bar y 0.2 bar. Hemos seleccionado estos equipos ya que sirven para controlar o regular una presión o una depresión en un circuito neumático o hidráulico. Estos equipos transforman un cambio de presión en una señal eléctrica 'todo o nada'. Cuando se alcanza una cierta presión preseleccionada, el contacto cambia de estado. Para cada uno de los interruptores de presión están elegidos en función de:

- su punto de consigna alto (PA), presión ascendente.
- su punto de consigna bajo (PB), presión descendente.
- su intervalo: diferencia entre punto alto y punto bajo.
- las presiones máximas admisibles en cada ciclo.
- las presiones máximas admisibles ocasionalmente.

El calibre está así definido, es necesario tener en cuenta los criterios y contradicciones de utilización.

Si el intervalo mínimo es el criterio principal.

Si la resistencia a las sobrepresiones es el criterio principal.

Si la fidelidad, precisión, reproductibilidad son los criterios principales.

Tomando en cuenta este último punto como principal criterio y además el rango para cada interruptor de presión hemos seleccionado específicamente los siguientes:

Para INT. de presión de 2.5 bar un XMG8FI con un rango de 0.8 a 8 bars.

Para INT. de presión de 1.5 bar un XMG3FI con un rango de 0.4 a 3.5 bars.

Para INT. de presión de 0.2 bar un XMG2FI con un rango de 0.15 a 1.4 bars.

Para INT. de presión de AIRE y de AGUA un XMG14FI con un rango de 2 a 14 bars.

5.7.2.5 SELECCION DE SELECTORES DE DOS POSICIONES.

Para las señales de control de ciclo completo AUTO/MANUAL, de CONTINUO/ULTIMO LOTE, y de descarga AUTOMATICA/MANUAL, hemos seleccionado selectores de dos posiciones fijas con un contacto de ruptura lenta NA (normalmente abierto), los cuales sólo se conectan a un común y por otro lado a la

entrada correspondiente del PLC, que al abrirse o cerrarse envían la señal al mismo. Y los hemos referenciado con XB2BJ2F1013.

5.7.2.6 SELECCION DE CONTACTOS DE FALLA.

Los arrancadores manuales (disyuntores), que protegen a los motores por cortocircuito y sobrecarga contienen contactos auxiliares que se accionan al ocurrir cualquiera de estos defectos, que hemos aprovechado para conectar al PLC, y que se conectan de la misma manera que los selectores de 2 posiciones los cuales referenciamos con GV1A0F1026.

5.7.3 SELECCION DE ACCIONADORES Y PREACCIONADORES.

5.7.3.1 SELECCION DE DISTRIBUIDORES 5/2 NEUMATICOS.

Para el accionamiento de las válvulas de paso BURKERT 3/2, colocadas en las tuberías de acero que permiten el paso o no del caramelo durante el proceso de cocinado, se requieren de pilotajes neumáticos, por esta razón seleccionamos distribuidores 5/2 en versión asociable con bobinas de 24 VCA, las cuales se conectarán directamente a las tarjetas de salida del PLC, conmutando así cuando se les envíe la señal eléctrica el flujo de aire comprimido (pilotaje neumático). Hemos elegido este tipo de distribuidores por su sencillez de conexión y fácil diálogo con el controlador referenciados con PVLB121F1015.

5.7.3.2 SELECCION DE MOTORES.

Dentro del proceso de cocinado de caramelos necesitamos 4 motores:

1. Para la bomba de vacío M3, que sirve para cargar la preparación de ingredientes de la marmita hacia el hervidor que por las características de potencia requerida se ha seleccionado un motor de 5.5 KW con un arranque estrella-delta, para hacer un arranque a tensión reducida.
2. Para la bomba de descarga M2, que sirve una vez que el caramelo está listo para descargarlo hacia la zona de amasamiento, en este punto el caramelo se encuentra más ligero por lo tanto el motor seleccionado es de 2.2 KW con un arrancador a tensión plena.
3. Para la bomba de adición de grasa M4, que se utiliza cuando se inicia la descarga, abriendo la válvula Y9, la cantidad de grasa es poca por lo tanto un

motor pequeño es suficiente y se ha seleccionado uno de 0.55KW con su arrancador a tensión plena.

4. Para el batido M1, que se utiliza en la vasija de presión, para tener el batido correcto se utiliza un motor de dos velocidades, la primera velocidad se utiliza cuando se inicia la descarga del hervidor hacia la vasija de presión, en ese momento también se empieza a incrementar la presión, de acuerdo a la fórmula de cocinado la presión llega a un punto y cambia de 1a. a 2a. velocidad permaneciendo así el tiempo requerido del proceso. De acuerdo a sus características de potencia se ha seleccionado un motor de dos velocidades la 1a. con 3.7KW y la 2a. con 11KW cada una con su arrancador a tensión plena.

Cada motor se equipará con su contactor disyuntor que asegurará las siguientes funciones:

1. Mando.
2. Protección contra los cortocircuitos, las sobrecargas y las sobreintensidades.
3. Diálogo con el PLC (señalización de los defectos etc.).

5.7.3.3 LISTA DE MATERIALES

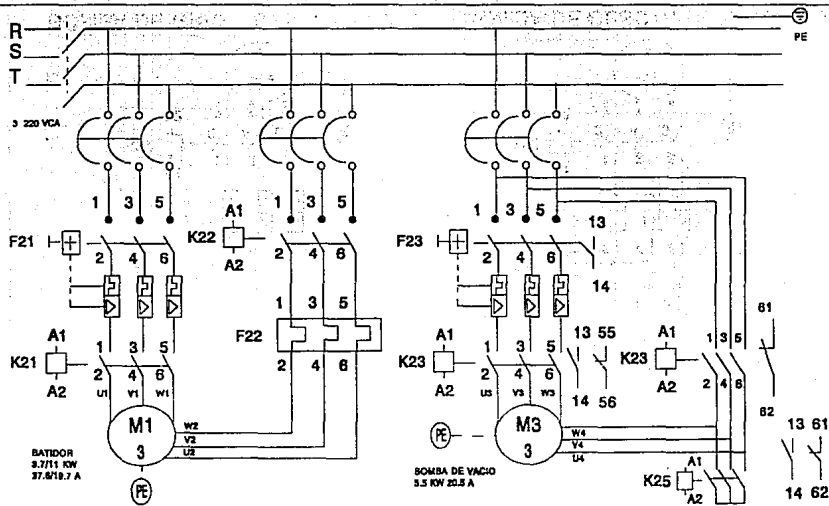
CANTIDAD	DESCRIPCION	REFERENCIA
1 pza	Procesador.	TX47FI001
1 pza	Fuente de poder 110/120 Vca.	TXSSUP70FI002
1 pza	Rack de 8 slots.	TXSRKNFI003
3 pzas	Módulo de entradas digitales (16 entradas a 110 Vca.).	TSXDET16FI004
3 pzas	Módulo de salidas digitales (16 salidas a relé).	TSXDST16FI005
6 pzas	Bornero de conexión.	TSXBLKF1006
6 pzas	Guías para cable.	TSXRACIFI007
1 pza	Tapa para espacios vacíos.	TSXRAC5FI008
1 pza	Módulo para entradas analógicas (para termopar y PT100).	TSXAEM400FI009
1 pza	Bornero de conexión para E/analógicas.	TSXBLK4FI010
1 pza	Masa de tierras.	TSXAC6FI011

1 pza	Terminal de diálogo industrial 30 teclas función, doble display de 16 caracteres, capacidad máx. 180 mensajes.	XBTC7222FI012
3 pzas	Selector 2 posiciones fijas.	XB2BJ2FI013
6 pzas	Lámparas de señalización verdes.	XB2BVF1014
11 pzas	Distribuidor 5/2 de 6 mm. monoestable (Y1-Y9, Y15-Y17) accionamiento eléctrico.	PVLB121FI015
11 pzas	Bobina para distribuidor 5/2 de 24 Vca.	PVAH24FI016
6 pzas	Distribuidor 5/2 de 6 mm. monoestable (V1-V4, V6) accionamiento eléctrico.	PVLB1216FI017
6 pzas	Accionadores neumáticos para distribuidor 5/2.	PVA121FI018
17 pzas	Válvulas de paso 3/2 para tubo de acero inoxidable burket 3/2 accionamiento neumático.	BKETFI019
1 pza	Unidad de mantenimiento FRL 3/8 5-6 bar.	FRLF1020
1 lote	Conectores rápidos codos, T's y pasamuros de 6 mm.	CN6FI021
1 pza	Presostato de membrana de 0.8 a 8 bar.	XMG8DI022
1 pza	Presostato de membrana de 0.4 a 3.5 bar.	XMG3FI023
1 pza	Presostato de membrana de 0.15 a 1.4 bar.	XMG2FI024
2 pzas	Presostato de membrana de 2 a 14 bar.	XMG14FFFFFI025
1 pza	Sensor de proximidad inductivo 110 V. salida a relé	XS1M18FI026
1 pza	Sensor de nivel capacitivo 110 V. con dispositivo de acondicionamiento de señal analógica con umbrales alto y bajo.	FMCEC72FI027
1 pza	Resistencia PT100 para controles de temperatura con cable de control de aislamiento para eliminar ruidos.	PT100FI028
4 pzas	Interruptor magnético térmico para circuitos de control y protección de equipo electrónico (3 A.)	GB2CBFI029
11 pzas	Circuitos RC para protección de las bobinas y salidas del PLC.	CIRRCFI030
1 pza	Transformador de control de 220/110 Vca. 24 Vca. 300 Va.	TRRSFI031
1 pza	Regulador de voltaje de entrada 220 V salidas 110 V./120 V. reguladas.	FTEVFI032
9 pzas	Gabinete metálico NEMA 12 de 180X80X40 cm.	GMET884FI033
1 lote	Accesorios y equipos de cableado (bornero de conexión para cable calibre 10, 14 y 16 señalizadores ya mencionados.	ACCPCBLFI034
1 pza	F121-F123 disyuntor magneto térmico.	GK21FI035
1 pza	F111-F113 disyuntor magneto térmico.	GK40FI036
1 pza	F21 arrancador manual.	GM20FI037
1 pza	F2 relé de sobrecarga.	LRD3357FI038
1 pza	Contactador K21.	LC403FI039

1 pza	Contactor K22.	LC163FI040
1 pza	F131-F133 disyuntor magneto térmico.	GK22FI041
1 pza	F23 arrancador manual.	LC253FI042
2 pzas	K24YK25 contactor.	LC253FI043
1 pza	Contactor K23.	LC323FI044
1 pza	F27 arrancador manual.	GM08FI045
1 pza	Disyuntor magneto térmico para motor de 0.55 KW.	GK08FI046
2 pzas	K27 y K28 contactor.	LC093FI047
1 pza	K28 arrancador manual.	GM14FI050
1 pza	Disyuntor magneto térmico para motor de 2.2 KW.	GK14FI051
4 pzas	contactor aditivos.	GV101FI052
1 pza	M1 motor 2 vel. 1a-3.7KW. 2da-11KW.	MOM1FI053
1 pza	M2 motor para bomba de descarga 2.2KW.	MOM2FI054
1 pza	M3 motor para bomba de vacío de 5.5 KW.	MOM3FI055
1 pza	M4 Motor para bomba de grasa de 0.55 KW.	MOM4FI056

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

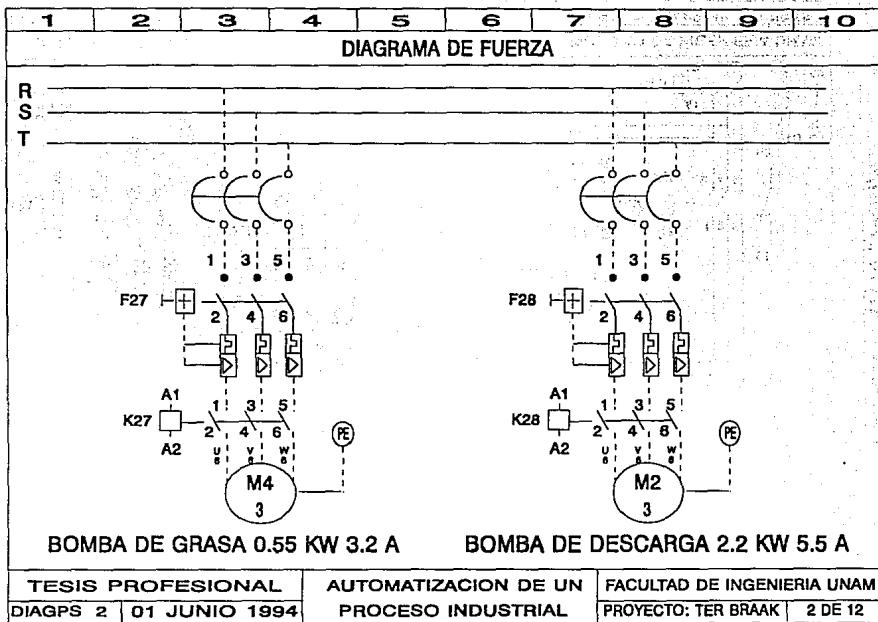
DIAGRAMA DE FUERZA

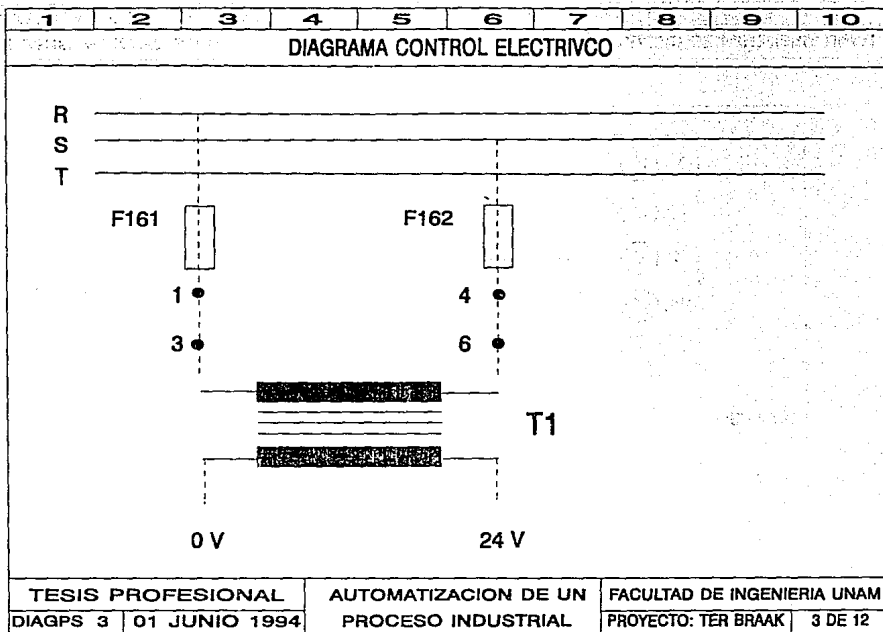


641

5.8 PROYECTO ELECTRICO.

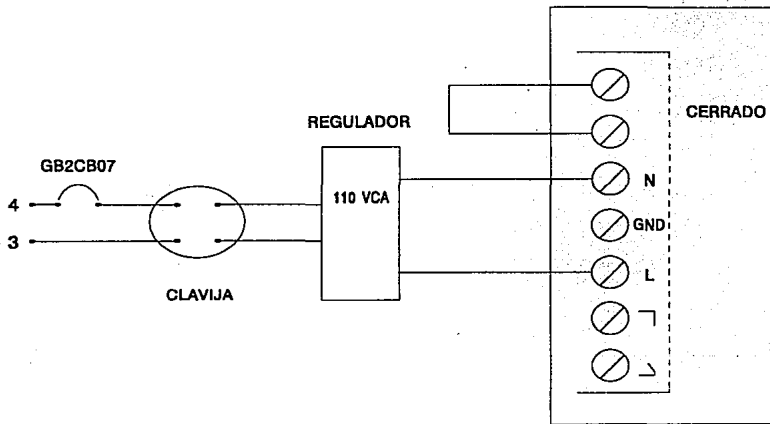
TESIS PROFESIONAL		AUTOMATIZACION DE UN		FACULTAD DE INGENIERIA UNAM	
DIAGPS 1	01 JUNIO 1994	PROCESO INDUSTRIAL		PROYECTO: TER BRAAK	1 DE 12





1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

FUENTE DE ALIMENTACION TSX SUP-40

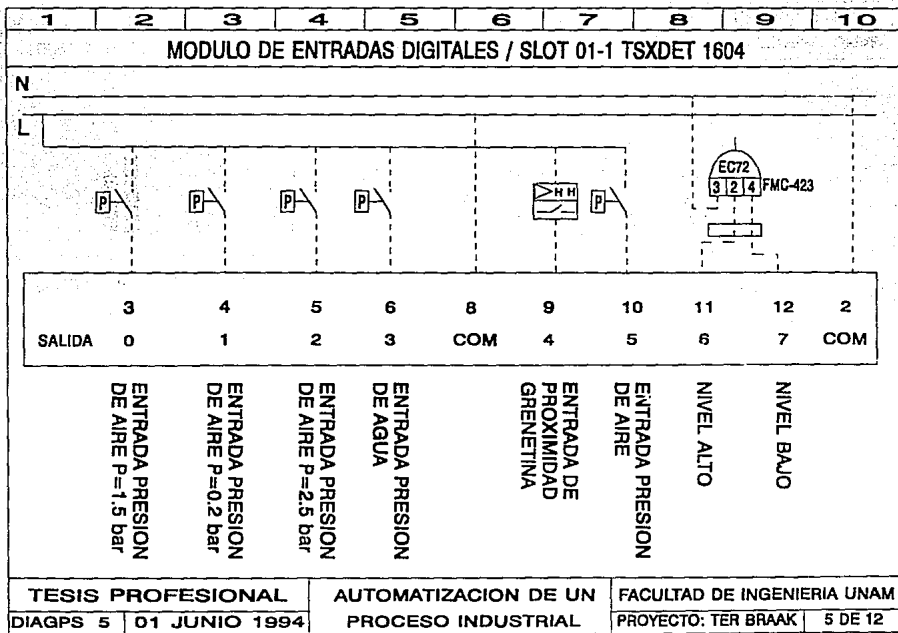


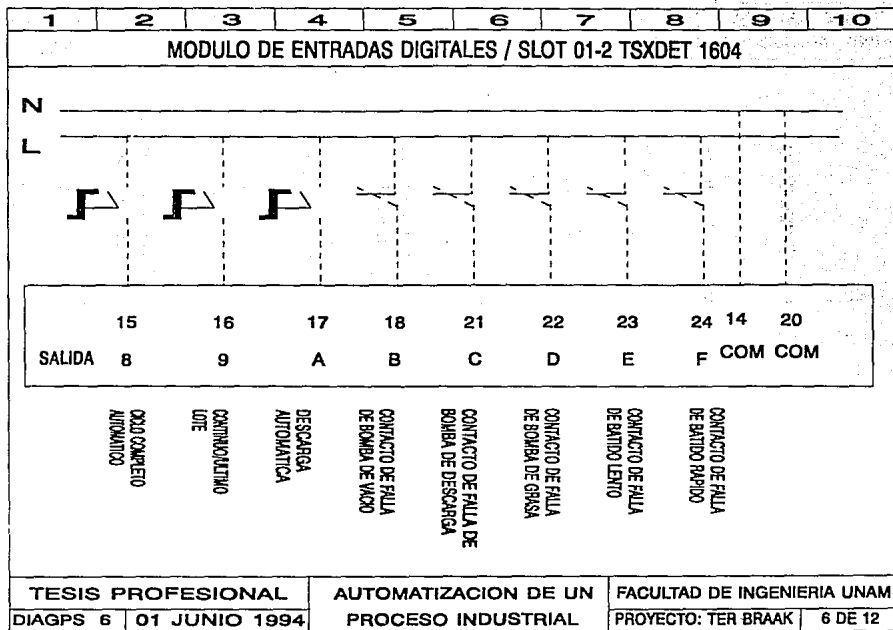
152

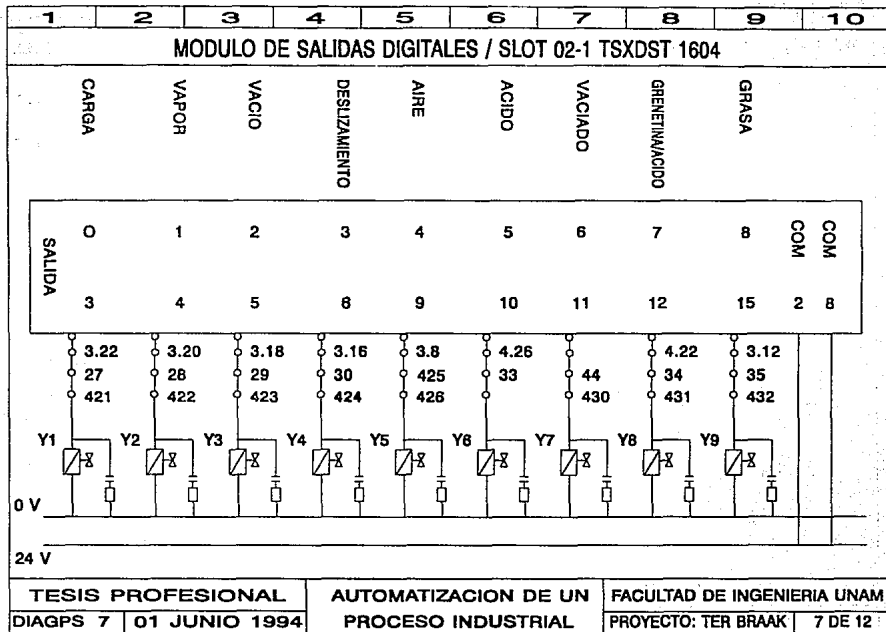
TESIS PROFESIONAL
DIAGPS 4 01 JUNIO 1994

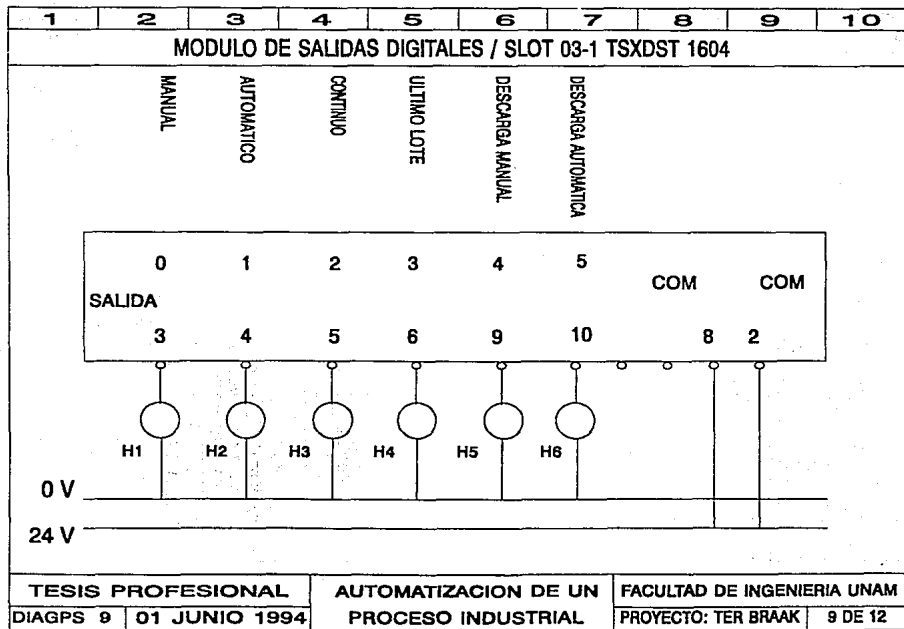
AUTOMATIZACION DE UN
PROCESO INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM
PROYECTO: TER BRAAK 4 DE 12









TESIS PROFESIONAL

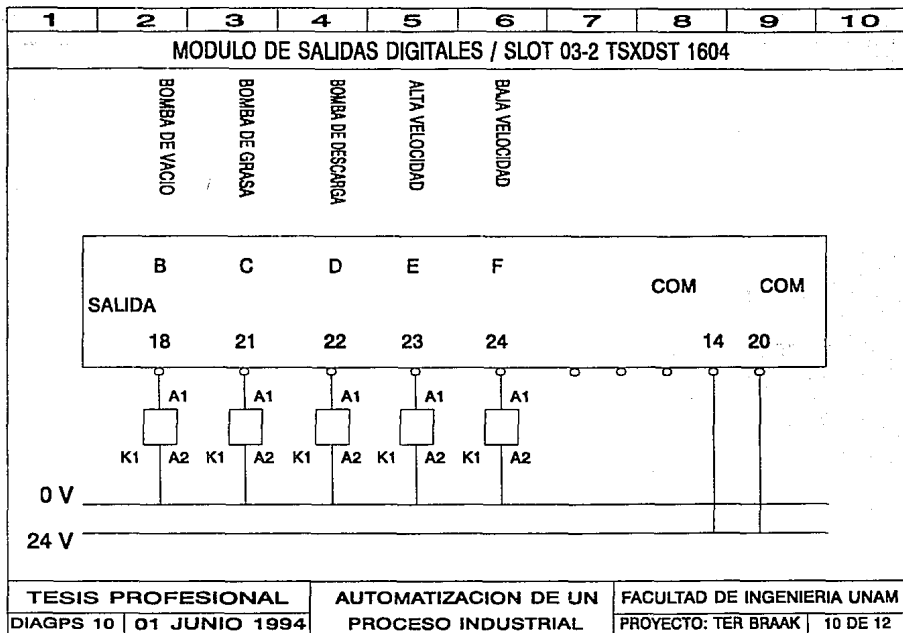
AUTOMATIZACION DE UN

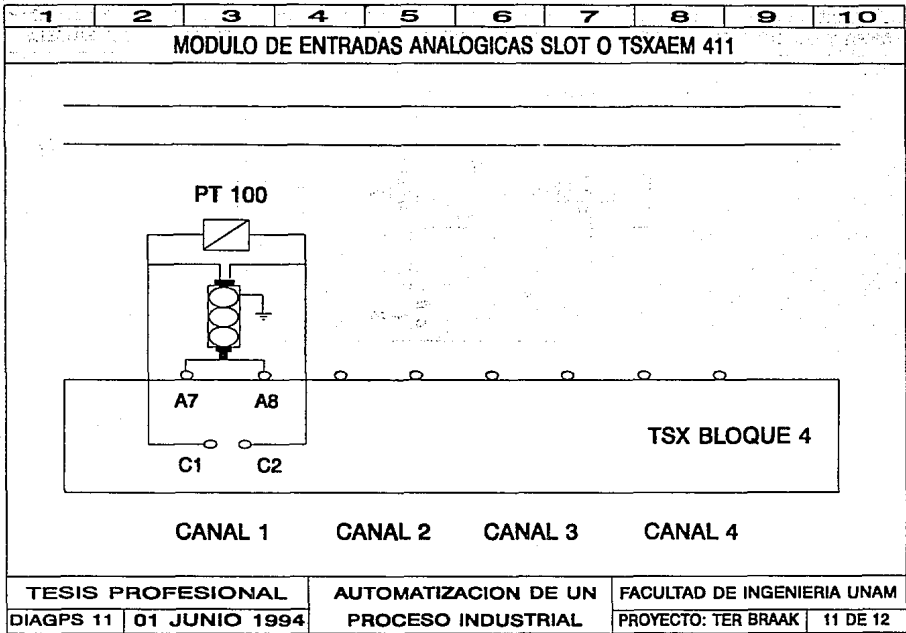
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

DIAGPS 9 01 JUNIO 1994

PROCESO INDUSTRIAL

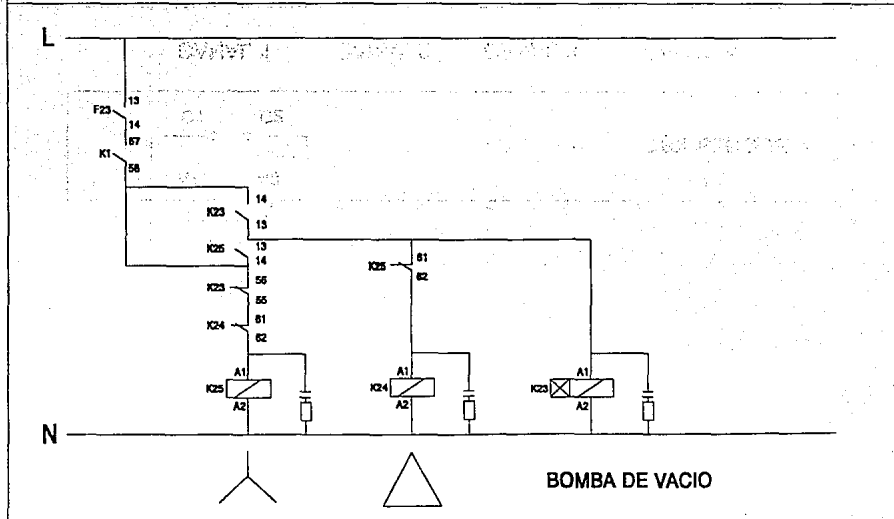
PROYECTO: TER BRAAK 9 DE 12





159

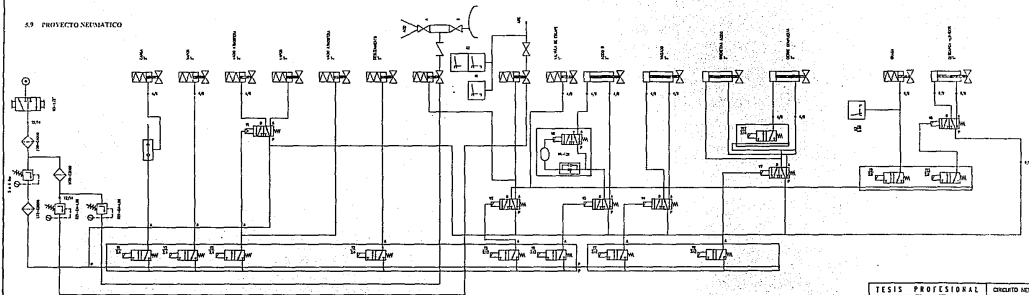
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



TESIS PROFESIONAL		AUTOMATIZACION DE UN PROCESO INDUSTRIAL		FACULTAD DE INGENIERIA UNAM	
DIAGPS 12	01 JUNIO 1994			PROYECTO: TER BRAAK	12 DE 12

0913

5.9 PROYECTO NEUMÁTICO



5.10 DESARROLLO DEL PROGRAMA.

5.10.1 PROGRAMACION DE LA TERMINAL DE DIALOGO INDUSTRIAL.

El funcionamiento de la terminal de diálogo industrial en la cocinadora (TER-BRAK), se diseñó para tener un diálogo del operador con la máquina. Esta terminal cuenta con dos líneas de visualización de 16 caracteres alfanuméricos fluorescentes verdes, altura 10mm, legibles a 4 metros, el display superior se refiere a todo lo que esté sucediendo en el hervidor, mientras que la parte inferior a todo lo que sucede en el batidor.

Se dispone de 30 teclas función, 12 teclas de introducción de datos, 7 teclas de servicio y un selector con llave. La programación de la terminal se llevó a cabo a través de una terminal de programación industrial bajo el siguiente formato:

No. MENSAJE TEXTO TIPO (T) LINEA (Y) LLAVE (K) VARIABLE (V)

Mensaje: No. de mensaje de 0000-180.

Texto: Mensaje texto de 16 caracteres.

Tipo: Tipo visualización (TV); visualización del texto del mensaje (con o sin bit o valor numérico), no espera respuesta del operador. Tipo default (TD); Visualización intermitente del texto del mensaje (con o sin bit o valor numérico), respuesta del operador a pulsar la tecla ENTER de la terminal (acuse). Tipo función (TF); Escritura de un bit y visualización del mensaje cuando se pulsa una tecla función (modo reglaje), introducción del número de tecla. Tipo numérico (TN); Respuesta del operador introduciendo un valor numérico (en el campo del mensaje) y validandolo, pulsando la tecla ENTER de la terminal.

Línea: Selección de la línea de visualización 1; línea superior, 2; línea inferior.

Llave: Llave de acceso al mensaje 1= teclado (operador) en MODO NORMAL,

2= Línea (automatismo) en MODO CONFIDENCIAL.

Variable: Variable del PLC asociada al mensaje de la terminal.

Existen otros parámetros de configuración para la programación de la terminal de diálogo que no hemos utilizado por no ser necesarios.

NOTA IMPORTANTE: Sólo el supervisor podrá tener acceso a la modificación de tiempos y temperaturas alta y baja.

MENSAJES PROGRAMADOS:

001	M CARGA = ____SEG.	TN	Y2	K1	VT000,P
002	M DESCAR= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT001,P
003	M PRE BAT= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT002,P
004	M BAT RAPIDO= ____SEG	TN	Y2	K1	VT003,P
005	M ACIDO= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT004,P
006	M VACIADO= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT005,P
007	M ESPERA= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT006,P
008	M GRASA= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT007,P
009	M DESPRESU= ____SEG.	TN	Y2	K1	VT008,P
010	M PARO MANUAL	TF	Y2	K1	VB209
011	M INICIO DE CICLO	TF	Y2	K1	VB203
012	M DESCARGA	TF	Y2	K1	VB206
013	M CARGA MANUAL	TF	Y2	K1	VB208
014	M VAPOR	TF	Y2	K1	VB211
015	M VACIO	TF	Y2	K1	VB213
016	M DESCARGA MANUAL	TF	Y2	K1	VB215
017	M MAN. BAJA VELOCIDAD	TF	Y2	K1	VB217
018	M BATIDO LENTO	TF	Y2	K1	VB218
019	M AIRE	TF	Y2	K1	VB220
020	M BATIDO RAPIDO	TF	Y2	K1	VB222
021	M ACIDO	TF	Y2	K1	VB224
022	M TEMPERATURA MAXIMA	TF	Y2	K1	VB200
023	M TEMPERATURA MINIMA	TF	Y2	K1	VB201
024	M NIVEL MAXIMO	TV	Y2		
025	M NIVEL MINIMO	TV	Y2		
025	M AUSENTE				
026	M AUSENTE				
027	M AUSENTE				
028	M AUSENTE				
029	M AUSENTE				
030	M AUSENTE				
031	M CARGA= ____SEG.	TV	Y1	K2	VT000,V
032	M TEMPERATURA= ____°C	TV	Y1	K2	VW101
033	M DESCARGA= ____SEG.	TV	Y1	K2	VT001,P
034	M LOTE LISTO	TV	Y1	K2	

035	M PREBATIDO=_____SEG.	TV	Y2	K2	VT002,V
036	M BAT. RAPIDO=_____SEG.	TV	Y2	K2	VT003,V
037	M BAT. LENTO=_____SEG.	TV	Y2	K2	VT004,V
038	M VACIADO=_____SEG.	TV	Y2	K2	VT005,V
039	M DESPRESU=_____SEG.	TV	Y2	K2	VT006,V
040	M FALLA BATIDO RAPIDO	TD	Y2	K2	
041	M FALLA BATIDO LENTO	TD	Y2	K2	
042	M FALLA BOMBA DE VACIO	TD	Y1	K2	
043	M FALLA BOMBA DE GRASA	TD	Y2	K2	
044	M FALLA BOMBA DE DES.	TD	Y2	K2	

5.10.2 PROGRAMA DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

El controlador lógico programable, nos permitirá operar el equipo tanto en modo automático como en manual, continuamente o por los lotes intermitentes la elaboración de caramelo suave. El PLC controlará el funcionamiento de motores y válvulas neumáticas dependiendo de las señales que reciba. Válvulas y motores a controlar:

1. Válvula Chimenea.
2. Válvula de Succión Bomba de Vacío.
3. Válvula de Carga Hervidor.
4. Válvula de Vapor.
5. Válvula de Descarga Hervidor.
6. Válvula Recarga de Acido.
7. Válvula De Aire al Acido.
8. Válvula Adición de Acido.
9. Válvula de Compuerta Adición Grenetina.
10. Válvula de Aire a Batidora.
11. Válvula de Despresurización Batidora.
12. Válvula de Descarga Batidora.
13. Válvula Adición de Grasa.
14. Válvula Agua Bomba de Vacío.
15. Válvula Deslizamiento de Vacío.
16. M1 Motor Batido Rápido/Lento.
17. M2 Motor Bomba Descarga Batidora.
18. M3 Motor Bomba de Vacío.

19. M4 Motor bomba de Grasa.

Podemos resumir el proceso de la siguiente manera:

- 1) Carga del hervidor.**
- 2) Cocinado en el hervidor.**
- 3) Descarga del hervidor hacia el batidor con batido lento.**
- 4) Batido rápido.**
- 5) Adición de ácido con batido lento.**
- 6) Descarga del batidor y adición de grasa.**
- 7) Despresurización.**

Descripción de las condiciones de operación para que se accionen las siguientes funciones:

1. BOMBA DE VACIO:

- **Presión de agua 1.5 KG/CM2.**
- **Flujo de agua 20 L/MIN.**

2. INYECCION DE AIRE.

- **Tapa de la compuerta de adición grenetina cerrada (ver ubicación del sensor de proximidad).**
- **Compuerta adición grenetina cerrada (ver que se activa el Microswicht).**
- **Válvula adición de ácido cerrada.**

3. VALVULA DE DESLIZAMIENTO.

- **Enfriamiento del lote en automático.**

4. BATIDO RAPIDO.

- **Presión de aire mayor que 2.5 bar en automático.**

5. ADICION DE ACIDO.

- **Si la presión aire ácido es mayor que la presión de aire batidora en automático.**

6. DESPRESURIZADO.

- **Presión de aire batidora menor que 1.5 bar en automático.**

7. ABRIR COMPUERTA ADICION GRENETINA Y VALVULA ADICION ACIDO.

- Si la presión en la batidora es menor que 0.2 bar en automático.

8. DESCARGA HERVIDOR.

- Se termino el ciclo de la batidora automático.
- No hay presión de aire en la batidora automático.

TECLAS DE FUNCION EN TERMINAL DE DIALOGO INDUSTRIAL XBT-C.

No. TECLA	FUNCION	CONDICION
1	Programar tiempo de carga.	Programar.
2	Programar tiempo de descarga hervidor.	Programar.
3	Programar tiempo de prebatido.	Programar.
4	Programar tiempo de batido rápido.	Programar.
5	Programar tiempo de adición de ácido.	Programar.
6	Programar tiempo de vaciado del batidor.	Programar.
7	Programar tiempo de espera adición grasa	Programar.
8	Programar tiempo adición de grasa.	Programar.
9	Programar tiempo despresurizado.	Programar.
10	Paro manual.	Manual.
11	Inicio de ciclo automático.	Automático.
12	Descarga del batidor en manual.	Manual.
13	Carga hervidor en manual.	Manual.
14	Vapor en manual.	Manual.
15	Bomba vacío en manual.	Manual.
16	Descarga hervidor en manual.	Manual.
17	Batido lento en manual.	Manual.
18	Batido rápido en manual.	Manual.
19	Adición de aire en manual.	Manual.
20	Abrir compuerta grenetina en manual.	Manual.
21	Adición de ácido en manual.	Manual.
22	Forzamiento temperatura máxima ok.	Automático.
23	Forzamiento temperatura mínima ok.	Automático.
24	Forzamiento nivel máximo.	Manual.
25	Forzamiento nivel mínimo.	Manual.

26	Bomba descarga batidor en manual.	Manual.
27	Bomba de grasa en manual.	Manual.
28	Sin uso.	
29	Programar temperatura mínima.	Programar.
30	Programar temperatura máxima.	Programar.
32	Visualizar la temperatura.	Manual.

5.10.3 OPERACION MANUAL.

A) CARGA DEL HERVIDOR.

1. Alinear la marmita de donde se va a cargar el lote.
2. Oprimir tecla número 13.
3. Esperar a que cargue por completo el lote (120 seg).
4. Oprimir tecla número 14 (desactiva la carga y activa el vapor).

B) COCINADO EN EL HERVIDOR.

1. Oprimir tecla número 14.
2. Oprimir función 32 para visualizar la temperatura.
3. Esperar a que llegue a la temperatura máxima deseada.
4. Oprimir tecla número 15 (desactiva el vapor y activa el vacío).

C) ENFRIADO EN EL HERVIDOR.

1. Oprimir tecla número 15.
2. Oprimir tecla número 24 (evita que suba la espuma).
3. Oprimir función 32 para visualizar la temperatura.
4. Esperar a que llegue a la temperatura mínima deseada.
5. Oprimir tecla número 16 (desactiva el vacío y descarga el lote).
6. Oprimir tecla número 25 (desactiva la válvula deslizamiento vacío).

D) DESCARGA DEL HERVIDOR HACIA EL BATIDOR CON BATIDO LENTO.

1. Oprimir tecla número 16.
2. Oprimir tecla número 17 (batido lento).
3. Esperar el tiempo necesario para descargar el lote (180 seg).
4. Oprimir tecla número 20 (abrir compuerta).
5. Agregar la gnetina por la compuerta, el color, sabor y ácido cítrico se agregan por la válvula de recarga de ácido.

6. Oprimir tecla número 20 (para que se pueda cerrar la compuerta).
7. Oprimir tecla número 16 (cerrar válvula de descarga).
8. Oprimir tecla número 19 (cierran válvulas de ácido y compuerta, entra aire a la batidora.).
9. Esperar a que la presión dentro del batidor sea mayor a 1.5 bar.

E) BATIDO RAPIDO.

1. Oprimir tecla número 18 (entra batido rápido y desactiva batido lento).
2. Esperar el tiempo necesario para que esponje el lote (180 seg).

F) ADICION DE ACIDO CON BATIDO LENTO.

1. Oprimir tecla número 17 (entra batido lento y desactiva batido rápido).
2. Oprimir tecla número 21 (adición de ácido).
3. Esperar el tiempo necesario para adicionar el ácido (30 seg.).
4. Oprimir tecla número 17 (desactiva el batido lento).

G) DESCARGA DEL BATIDOR Y ADICION DE GRASA.

1. Oprimir tecla número 26 (entra la bomba de descarga).
2. Esperar el tiempo necesario para que pase caramelo por la línea (5 seg).
3. Oprimir tecla número 27 (entra bomba de grasa).
4. Extender el caramelo sobre las masas frías uniformemente, hasta que salga todo el lote.
5. Oprimir tecla número 27 (desactiva la bomba de grasa).
6. Oprimir tecla número 26 (desactiva la bomba de descarga).

H) DESPRESURIZADO.

1. Oprimir tecla número 19 (desactiva entrada de aire a la batidora).
2. Abrir válvula manual de despresurizado de la batidora.
3. Esperar a que baje la presión de la batidora a menos de 0.2 bar.
4. Oprimir tecla número 20 (abre compuerta grenetina y válvula de ácido).
5. Oprimir tecla número 20 (desactiva).

5.10.4 OPERACION AUTOMATICA.

A) PROGRAMACION.

1. Seleccione operación automática.

2. Seleccione último lote o continuo.
3. Seleccione descarga automática o manual.
4. Inserte la llave de la XBT-C y seleccione modo confidencial, usando el teclado coloque los valores preestablecidos al oprimir cada una de las siguientes teclas:
 - 4.1 Oprimir tecla 1 para programar tiempo de carga (120 seg.).
 - 4.2 Oprimir tecla 2 para programar tiempo de descarga hervidor (180 seg.).
 - 4.3 Oprimir tecla 3 para programar tiempo de prebatido (cero).
 - 4.4 Oprimir tecla 4 para programar tiempo de batido rápido (180 seg.).
 - 4.5 Oprimir tecla 5 para programar tiempo de adición de ácido (40 seg.).
 - 4.6 Oprimir tecla 6 para programar tiempo de vaciado del batidor (150 seg. no será necesario si los presostatos están funcionando correctamente).
 - 4.7 Oprimir tecla 7 para programar tiempo espera adición grasa (5 seg.).
 - 4.8 Oprimir tecla 8 para programar tiempo adición de grasa (120 seg.).
 - 4.9 Oprimir tecla 9 para programar tiempo despresurizado (180 seg.).
 - 4.10 Oprimir tecla 29 para programar temperatura mínima (106 grados C).
 - 4.11 Oprimir tecla 30 para programar temperatura máxima (120 grados C).
 - 4.12 Seleccione modo normal y retire la llave de la XBT-C, se ha terminado de programar el PLC y el equipo esta listo para trabajar en automático.

B) CARGA DEL HERVIDOR.

1. Alinear la marmita de donde se va a cargar el lote.
2. Oprimir tecla número 11 (inicio del ciclo automático).

C) COCINADO EN EL HERVIDOR.

1. Oprimir tecla número 22 (forzamiento temperatura máxima en caso de no estar funcionando el control de temperatura del PLC).

D) ENFRIADO EN EL HERVIDOR.

1. Oprimir tecla número 23 (forzamiento temperatura mínima en caso de no estar funcionando el control de temperatura del PLC).

E) DESCARGA DEL HERVIDOR HACIA EL BATIDOR CON BATIDO LENTO.

1. Agregar la grenetina, color, sabor y ácido cítrico.

NOTA: Si se selecciono descarga automática, agregar en este paso la grasa preparada para evitar olvidarla.

F) BATIDO RAPIDO.

1. Adición de ácido con batido lento.
2. Descarga del batidor y adición de grasa.

NOTA: Si se seleccionó descarga manual, agregar en este paso la grasa preparada.

1. Oprimir tecla número 12 (descarga del batidor manual).
2. Extender el caramelo sobre mesas frías hasta que salga todo.

G) DESPRESURIZADO.

1. Abrir válvula manual de despresurizado de la batidora, automáticamente para la bomba de adición de grasa, bomba descarga batidora y abra la compuerta de grenetina y la válvula del ácido.

H) OBSERVACIONES:

1. Si la operación es manual el operador controlará todas las funciones.
2. Si la selección es automática el equipo controlará la mayoría de las funciones.
3. Si selecciona el último lote el proceso se llevará a cabo lote por lote según le de uno la indicación de inicio de ciclo.
4. Si se selecciona continuo en el momento de terminar de descargar el hervidor cargará otro lote automáticamente.
- 4.1 No podrá bajar el lote del hervidor mientras la batidora se encuentre ocupada en cualquiera de sus pasos.
5. En cualquiera de los pasos en automático se podrá pasar a manual, mas no al revés.
6. El despresurizado de la batidora se lleva a cabo de dos formas:
 - 6.1 Por tiempo.
 - 6.2 Por presión es el mas indicado.
7. El control de la temperatura se lleva a cabo de dos formas:
 - 7.1 Por temperatura preestablecida automático.
 - 7.2 Por forzamiento de la temperatura dando el operador la señal.

5.10.11 PROGRAMA APLICACION (ESCALERA Y GRAFICO).

```

77777777777777777777777777777777
77777777777777777777777777777777
  77
TTTTTTTTTT      888888888 77      XX      X
TT              88      777      XX      X
TT              88      777      XX      X
TT              888888888      XX
TT              788      X      XX
TT              788      X      XX
TT      888888888      X      XX
          77777
          777777
          7777777
          7777777
          7777777
  
```

TITULO :
 ----sociedad----- --departamento-- --responsable---

Concebido por:
 Usuario :
 Mantenimiento:

REV.	FECHA	REVISION	CONCEDIDO POR	REALIZACION

```

-----aplicacion-----
| /TESIS PROF. F.I. | PORTADA | rev+ fecha+ pagina+
|-----Telemechanique-/-TSX-----| 26/6 /94 | 1- 1|
  
```

CONFIGURACION E/S

Modulo	0	1	2	3	4	5	6	7
Rack0	47	59	55	55	55	0	0	0
Rack1	0	0	0	0	0	0	0	0

00: ADT 2 03 10:
 2VOIES SEUILS SONDE Pt100
 2 ANALOG DETECT.RTD Pt100

01: DET 16 04 11:
 16 ENT.REGR.110/115VCA
 16 INP.GRP.110/115VAC

02: DST 16 04 12:
 16 S.STAT.110-127 VCA 1A
 16 O.STAT.110-127 VAC 1A

03: DST 16 04 13:
 16 S.STAT.110-127 VCA 1A
 16 O.STAT.110-127 VAC 1A

04: DST 16 04 14:
 16 S.STAT.110-127 VCA 1A
 16 O.STAT.110-127 VAC 1A

05: 15:

06: 16:

07: 17:

----- CONFIGURACION APLICACION -----

NOMBRE PROG. : "TESIS PROF. F.I."
 TSX : TSX 47 V : 2.5 --> 3.4
 MEMORIA : TERMINAL RAM 32 KB
 LIBRE : 17734 BYTES
 LENGUAJE : LADDER V1.6 GRAFCET V1.1 WD(ms):150
 CONF. E/S : yes
 TERMINAL : BAUDS BITS STOP PARIDAD ECHO
 300 8 1 NO

----- INFORMACION GRAFCET -----

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X0	.	XI	X	X	X	X	XI	X	X	X
X10	X	XI	X	X	X	X	X	X	X	.
X20
X30
X40	XI
X50	X	X	X	X	.	.	.	.	.	.
X60
X70
X80
X90

----- GRAFCET EJECUTABLE -----

PAGINAS 0:OK 1: / 2: / 3: / 4: / 5: / 6: / 7: /

ETAPAS: 23 ETAPAS INICIALES: 4 TRANSICIONES: 22 REENVIOS: 8

TEMPO.	MNEMONICO	PRESEL. (Ti,P)	BASE (TB)	MODIF.
T0		999	1s	yes
T1		999	1s	yes
T2		999	1s	yes
T3		999	1s	yes
T4		999	1s	yes
T5		999	1s	yes
T6		999	1s	yes
T7		999	1s	yes
T8		999	1s	yes
T9		999	1s	yes
T10		9999	1mn	yes
T11		9999	1mn	yes
T12		9999	1mn	yes
T13		9999	1mn	yes
T14		9999	1mn	yes
T15		9999	1mn	yes

MONOEST.	MNEMONICO	PRESEL. (Mi,P)	BASE (TB)	MODIF.
M0		100	10ms	yes
M1		5	10ms	yes
M2		100	10ms	yes
M3		100	10ms	yes
M4		9999	1mn	yes
M5		5	10ms	yes
M6		9999	1mn	yes
M7		5	10ms	yes

CONTADOR	MNEMONICO	PRESEL. (C1, P)	MODIF.
C0		3	yes
C1		3	yes
C2		3	yes
C3		3	yes
C4		3	yes
C5		3	yes
C6		3	yes
C7		3	yes
C8		3	yes
C9		3	yes
C10		3	yes
C11		3	yes
C12		3	yes
C13		3	yes
C14		3	yes
C15		3	yes

DRUM	MNEMONICO	LONG.	BASE(TB)
D0		no conf	
D1		no conf	
D2		no conf	
D3		no conf	
D4		no conf	
D5		no conf	
D6		no conf	
D7		no conf	

REGISTRO	MNEMONICO	TIPO	LONG
R0		Fifo	16
R1		Fifo	16
R2		Fifo	16
R3		Fifo	16

TXTi	TIPO	DIREC	LONG.	M	A	C	T
0	TXT	CW54	8		00FE		40
1	TER	W0	8				
2	TER	W4	8				
3	/conf						
4	/conf						
5	/conf						
6	/conf						
7	/conf						

**** CW 0 -->				CW 63 ****				-----				
--DECIMAL--				--HEXA--				--ASCII--				
--0--	--1--	--2--	--3--	--0--	--1--	--2--	--3--	0	1	2	3	
CW 0 :	22043	13104	2609	13	561B	3330	0A31	000D	.V	03	1	..
CW 4 :	22043	13104	2610	13	561B	3330	0A32	000D	.V	03	2	..
CW 8 :	22043	13104	2611	13	561B	3330	0A33	000D	.V	03	3	..
CW 12 :	22043	13104	2612	13	561B	3330	0A34	000D	.V	03	4	..
CW 16 :	22043	13104	2613	13	561B	3330	0A35	000D	.V	03	5	..
CW 20 :	22043	13104	2614	13	561B	3330	0A36	000D	.V	03	6	..
CW 24 :	22043	13104	2615	13	561B	3330	0A37	000D	.V	03	7	..
CW 28 :	22043	13104	2616	13	561B	3330	0A38	000D	.V	03	8	..
CW 32 :	22043	13104	2617	13	561B	3330	0A39	000D	.V	03	9	..
CW 36 :	22043	13360	2608	13	561B	3430	0A30	000D	.V	04	0	..
CW 40 :	22043	13360	2609	13	561B	3430	0A31	000D	.V	04	1	..
CW 44 :	22043	13360	2610	13	561B	3430	0A32	000D	.V	04	2	..
CW 48 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 52 :	0	0	160	15	0000	0000	00A0	000F	..	..	..	..
CW 56 :	192	12449	1500	0	00C0	30A1	05DC	0000	@.	10	\	..
CW 60 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..

**** CW 64 -->				CW 127 ****				-----				
--DECIMAL--				--HEXA--				--ASCII--				
--0--	--1--	--2--	--3--	--0--	--1--	--2--	--3--	0	1	2	3	
CW 64 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 68 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 72 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 76 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 80 :	22043	13360	2611	13	561B	3430	0A33	000D	.V	04	3	..
CW 84 :	22043	13360	2611	13	561B	3430	0A33	000D	.V	04	3	..
CW 88 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 92 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 96 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 100 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 104 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 108 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 112 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 116 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 120 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 124 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..

**** CW 128 -->				CW 191 ****				--ASCII--				
DECIMAL				HEXA								
--0--	--1--	--2--	--3--	--0--	--1--	--2--	--3--	0	1	2	3	
CW 128 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 132 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 136 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 140 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 144 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 148 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 152 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 156 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 160 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 164 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 168 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 172 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 176 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 180 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 184 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 188 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..

**** CW 192 -->				CW 255 ****				--ASCII--				
DECIMAL				HEXA								
--0--	--1--	--2--	--3--	--0--	--1--	--2--	--3--	0	1	2	3	
CW 192 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 196 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 200 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 204 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 208 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 212 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 216 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 220 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 224 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 228 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 232 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 236 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 240 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 244 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 248 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..
CW 252 :	0	0	0	0	0000	0000	0000	0000	..	..	..	..

E/S SALVAGUARDADAS

MODULOS BITS	Rack 0							Rack 1								
	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F

BITS SALVAGUARDADOS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B0	B130	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B10	B140	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B20	B150	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B30	B160	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B40	B170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B50	B180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B60	B190	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B70	B200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B80	B210	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B90	B220	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B100	B230	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B110	B240	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B120	B250	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

** LABEL 2

B255

()

** LABEL 5
SY1 X9

B10

(S)

X10

B10

(R)

** LABEL 6

11,8

SY22

(S)

B11

(S)

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: MAST / PRL		24/6 /94	7- 1
-Telemecanique-/-TSX			10-

** LABEL 7
I1,8 B11

SY21

(S)

B11

(R)

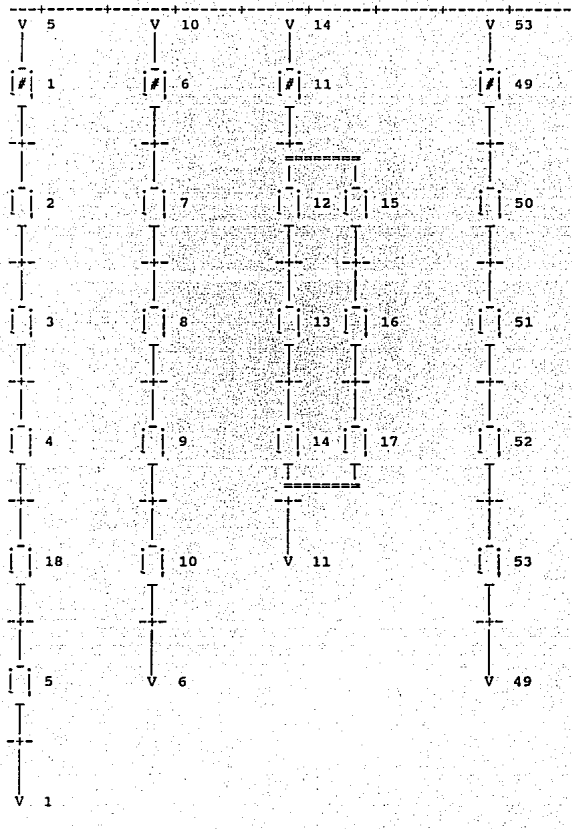
** LABEL 80

B255

()

END OF PROGRAM

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: MAST / PRL		24/6 /94	7- 2
Telemecanique-/-TSX			11-



** X1

** X6

** X11

** X49

** X1 --> X2

B203 I1,8

B226 I1,8

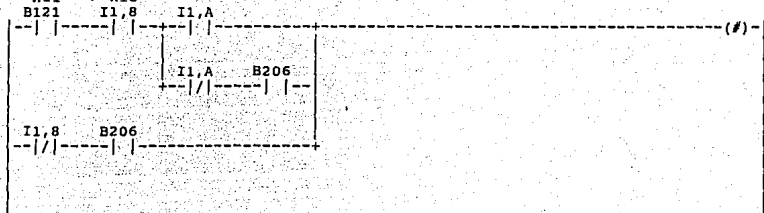
(#)

** X6 --> X7

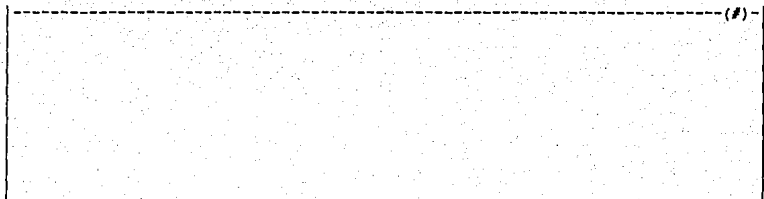
B1 I1,8

(#)

** X11 --> X12



** X49 --> X50



** X2



** X7

** X12

** X15

** X50

** X2 --> X3
B0

(#)

** X7 --> X8
B2 I1,4

(#)

** X12 --> X13

B5

-(#)-

** X15 --> X16

B6

-(#)-

** X50 --> X51

-(#)-

** X3

** X8

** X13

** X16

** X51

** X3 --> X4

B200

B30

(#)

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: CHART / PAGE	0	24/6 /94	7- 11
---Telemecanique-/-TSX---			20-

** X8 --> X9

11,1

--| |-----(#)-

** X13 --> X14

B8

--| |-----(#)-

** X16 --> X17

B7

--| |-----(#)-

** X51 --> X52
B90

(#)

** X4

** X9

** X14

** X17

** X52

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: CHART / PAGE	0	24/6 /94	7- 14
-Telemecanique-/-TSX-			23-

** X4 --> X18

B201



(#)

** X9 --> X10

B3



(#)

** X14 --> X11

(#)

** X52 --> X53

--(8)--

** X18

** X10

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: CHART / PAGE	0	| 24/6 /94	| 7- 16|
Telemecanique-/-TSX			25

** X53

** X18 --> X5

B23 I1,9

--|/|-----|/|-----

(#)

I1,9 B23

--|/|-----|/|-----

** X10 --> X6

B4

--|/|-----

(#)

** LABEL 5

B102

X2

()

X4

X2

B100

()

** LABEL 10

B0

X2

E+---T0---D

()

I1,3

C

TB: 1s

R

T,P: 999
MODIF: Y

** LABEL 15

B111

X2

I1,3

()

X4

** LABEL 20

X3					B101
		-----			()
B4					B121
|	|	-----			(S)
X12					B121
|	|	-----			(R)

** LABEL 25

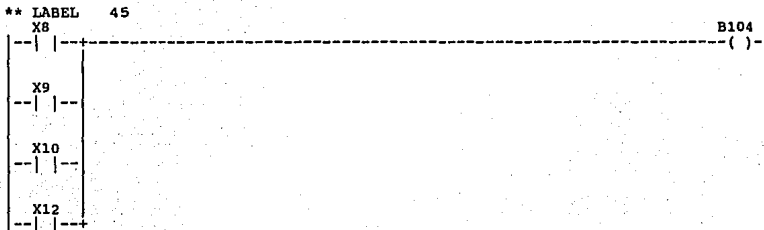
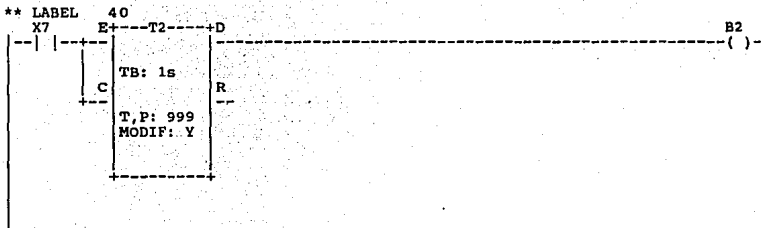
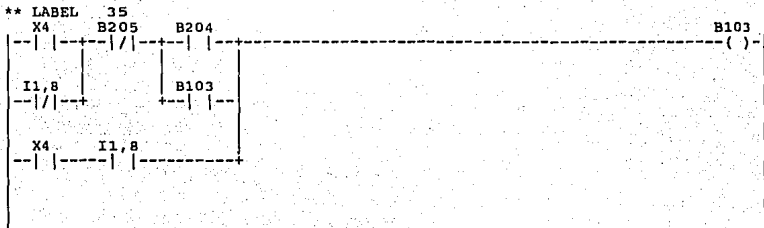
X5					B114
		-----			()
X8					

X7					

X10					

** LABEL 30

X5	E	T1	D		B1
		-----			()
	C	TB: 1s	R		
		T, P: 999			
		MODIF: Y			



** LABEL 49

B32

X11

X12

** LABEL 50

B110

X8

11,4

X9

X10

B32

** LABEL 55

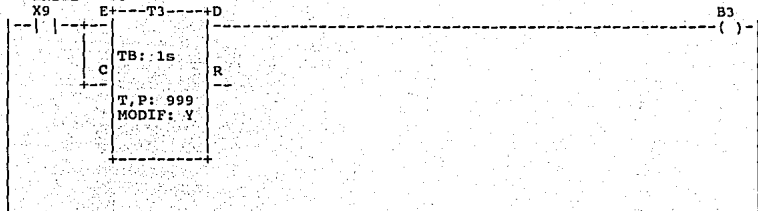
B115

X9

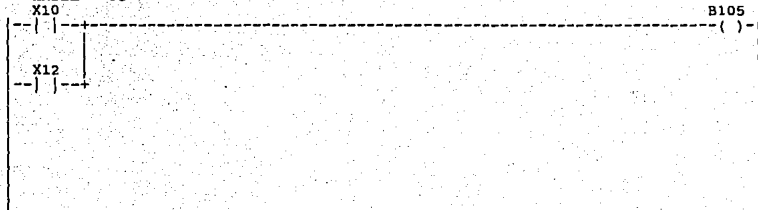
B130

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: MAST / POST		24/6/94	7- 22
-Telemecanique-/-TSX-			31-

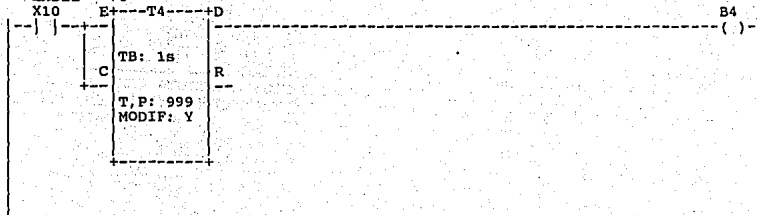
** LABEL 60



** LABEL 65



** LABEL 70



** LABEL 75
X12

B106
()

** LABEL 80
X12

B5
()

E+---T5---+D
C
TB: 1s
T,P: 999
MODIF: Y
R

** LABEL 85
X15

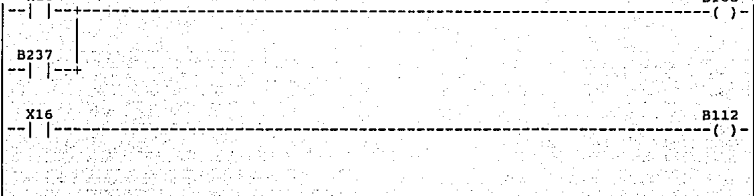
B6
()

E+---T6---+D
C
TB: 1s
T,P: 999
MODIF: Y
R

** LABEL 90

X16

B108

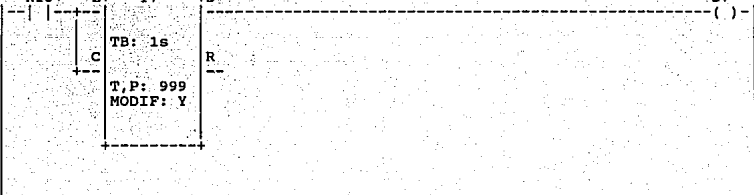


** LABEL 95

X16

E+---T7---+D

B7

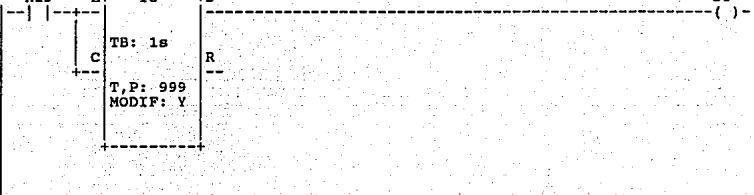


** LABEL 100

X13

E+---T8---+D

B8



** LABEL 120

B102

02,2

B210

B214

02,3

** LABEL 125

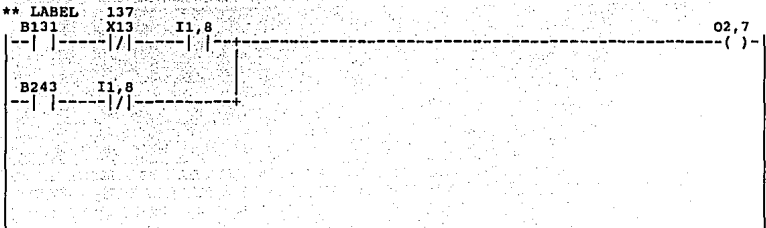
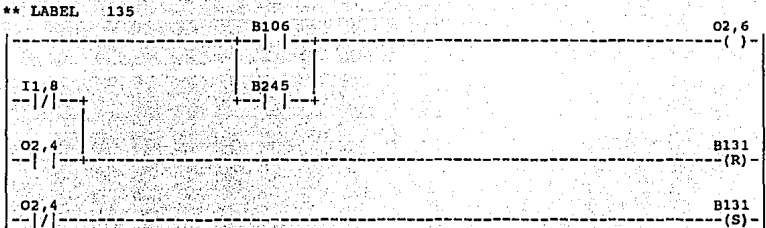
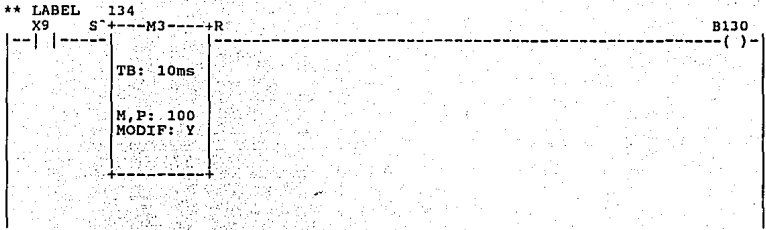
B103

()

** LABEL 130

B104	02,4
B221	
B105	02,5
B225	

aplicacion	rev	fecha	pagina
/TESIS PROF. F.I. | PROG: MAST / POST		24/6 /94	7- 27
-Telemecaniqua-/-TSX-			36-



** LABEL 138

02,8

B235

B108

** LABEL 140

03,C

B235

I1,E

B112

B109

02,9

B216

** LABEL 145

02,A

B110

I1,1

B221

** LABEL 150

B111	I1,D	O3,B
---	---	()-
B210		

B214	I1,3	
---	---	

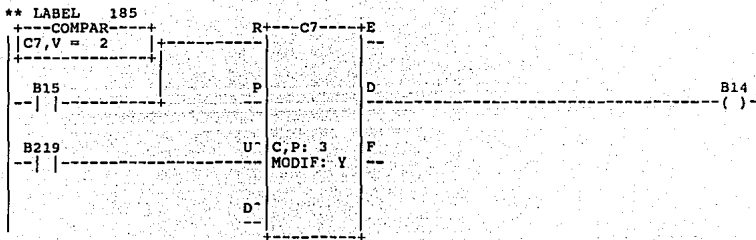
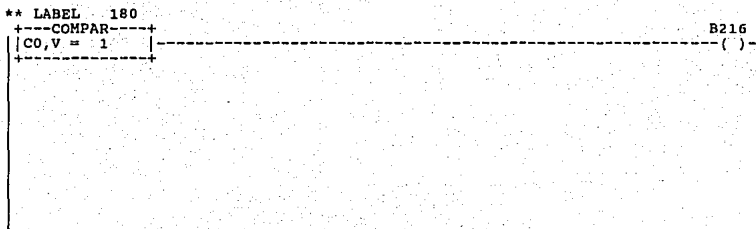
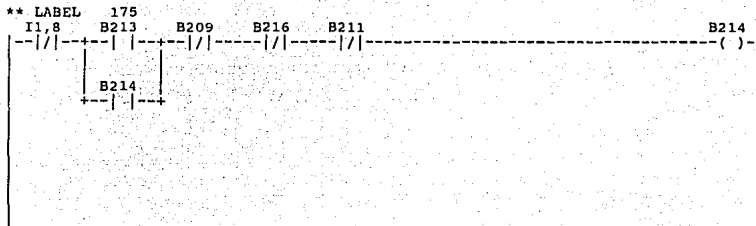
** LABEL 155

B113	I1,F	O3,D
---	---	()-
B245		

** LABEL 156

B114	O3,F	I1,C	O3,E
---	---	---	()-
B218			

B20			



** LABEL 186

B218 S+---M2---+R

B13

B240		TB: 10ms	
		M, P: 100	
		MODIF: Y	

** LABEL 190

B217

B15

B209			
I1,8			

** LABEL 191

B219

B16

B209			
I1,8			

** LABEL 195

---COMPAR---		R	---CO---	E	
| C0, V = 2 |					
B247		P		D	B230
					()
B215	I1,8	U	C,P: 3	F	
| |	|/|		MODIF: Y		
		D			

** LABEL 196

---COMPAR---		R	---C1---	E	
| C1, V = 2 |					
I1,8		P		D	B231
					()
B220	I1,8	U	C,P: 3	F	
| |	|/|		MODIF: Y		
		D			

** LABEL 194

---COMPAR---		R	---	E	
| B240					B247
					()
B221					
I1,8					

** LABEL 197

---COMPAR---		R	---C2---	E
C2, V = 2				
I1,8		P		D
B224	I1,8	U	C, P: 3 MODIF: Y	F
		D		

B232

()

** LABEL 198

---COMPAR---		R	---C3---	E
C3, V = 2				
I1,8		P		D
B241	I1,8	U	C, P: 3 MODIF: Y	F
		D		

B12

()

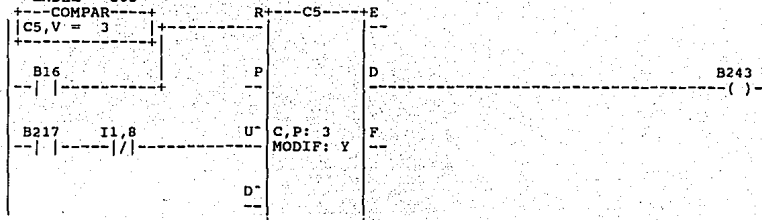
** LABEL 199

---COMPAR---		R	---C4---	E
C4, V = 2				
I1,8		P		D
B233	I1,8	U	C, P: 3 MODIF: Y	F
		D		

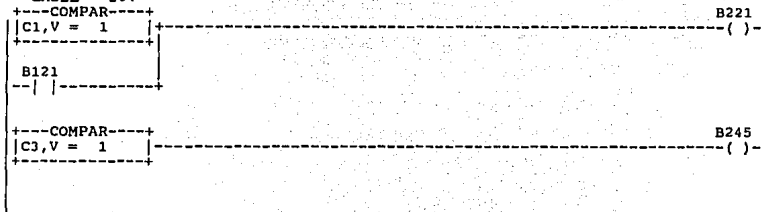
B234

()

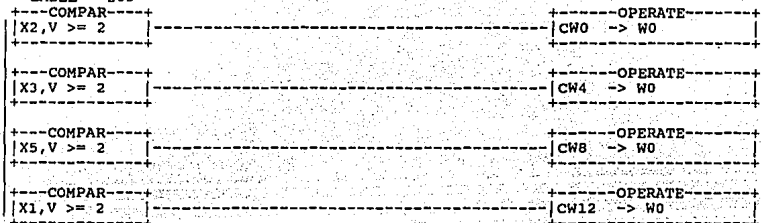
** LABEL 203



** LABEL 204



** LABEL 205



** LABEL 210

COMPAR		OPERATE
|X7, V >= 2	-----	CW16 -> W4
COMPAR		OPERATE
|X9, V >= 2	-----	CW20 -> W4
COMPAR		OPERATE
|X10, V >= 2	-----	CW24 -> W4

** LABEL 215

COMPAR		OPERATE
|X12, V >= 2	-----	CW28 -> W4
COMPAR		OPERATE
|X13, V >= 2	-----	CW32 -> W4
I1, B	-----	OPERATE
-|	-----	CW36 -> W4
I1, C	-----	OPERATE
-|	-----	CW40 -> W4

** LABEL 216

I1, D	-----	OPERATE
-|	-----	CW44 -> W4
I1, E	-----	OPERATE
-|	-----	CW80 -> W4
I1, F	-----	OPERATE
-|	-----	CW84 -> W4

** LABEL 217

I1,D	B75
---	()
I1,C	

I1,D	

I1,E	

** LABEL 218

B75	B76
---	()
I1,F	

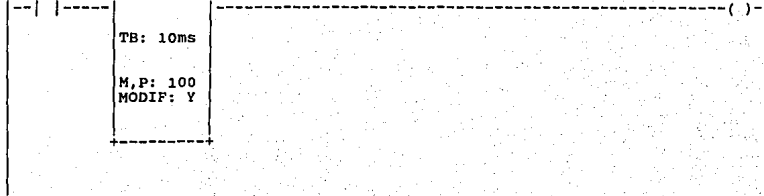
** LABEL 220

---COMPAR---	B116
|X2,V = 2|	( )
---COMPAR---	
|X1,V = 2|	
---COMPAR---	
|X3,V = 2|	
---COMPAR---	
|X5,V = 2|	

** LABEL 221

B116 S+---M0---+R

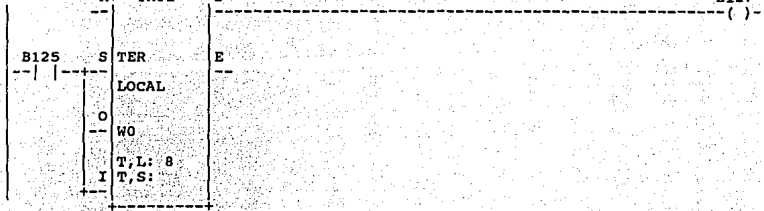
B125



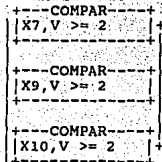
** LABEL 225

R+---TXT1---+D

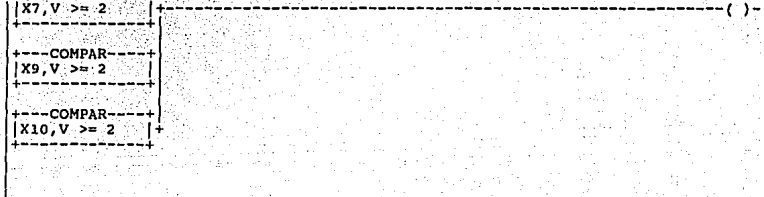
B117



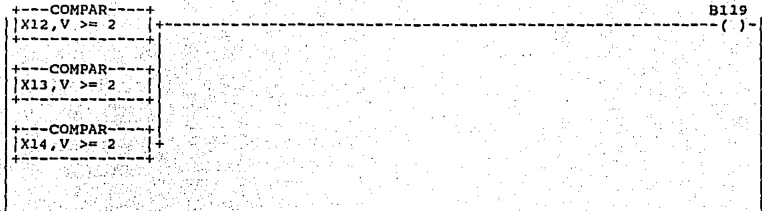
** LABEL 230



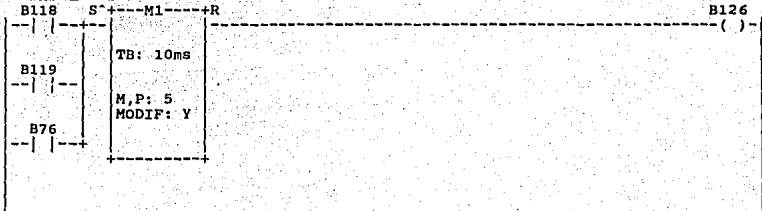
B118



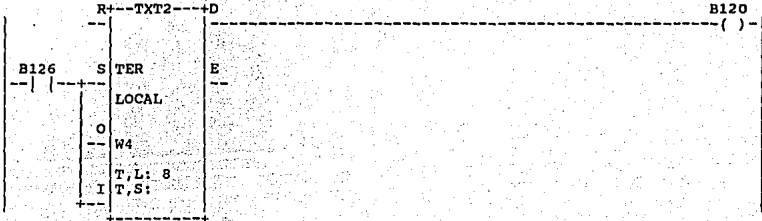
** LABEL 235



** LABEL 239



** LABEL 240



** LABEL 245
 B10 S+---M7---+R B20
 ()

TB: 10ms
 M, P: 5
 MODIF: Y

** LABEL 250
 X5 B21
 ()

X7
 X8
 X9

** LABEL 255
 X10 B22
 ()

X12
 X13
 X14

** LABEL 260

B21

B23

--| |
| |
B22
--| |
| |
B121
--| |

()

** LABEL 265

B255

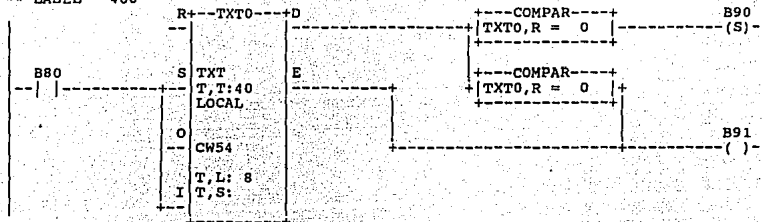
()

** LABEL 270

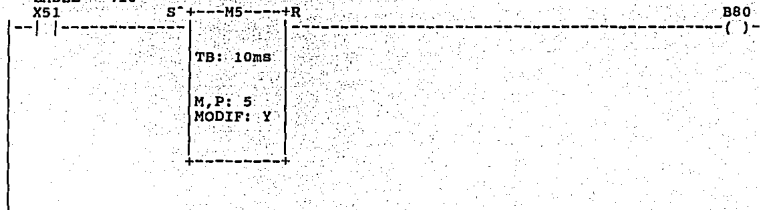
B255

()

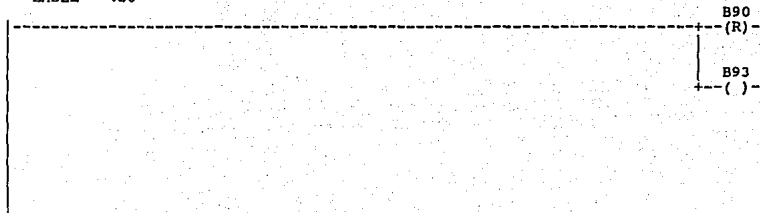
** LABEL 400



** LABEL 410



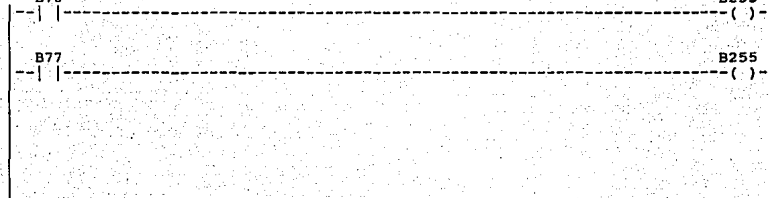
** LABEL 420



** LABEL 430

B78

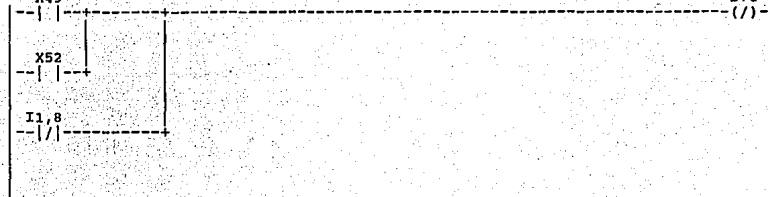
B255



** LABEL 431

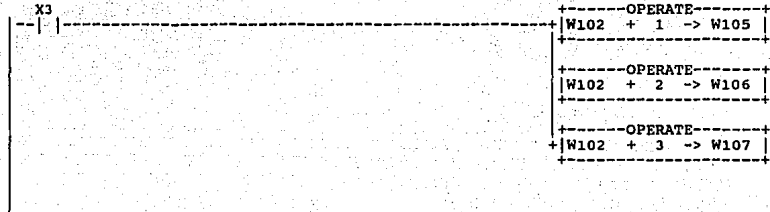
X49

B78



** LABEL 434

X3



** LABEL 438

---COMPAR---	B31
|W101 = W103 |	( )
---COMPAR---	
|W101 = W108 |	
---COMPAR---	
|W101 = W109 |	
---COMPAR---	
|W101 = W110 |	

** LABEL 440

X50	B255
	()
X52	B255
	()

END OF PROGRAM

-----aplicacion-----	-----rev-----	-----fecha-----	-----pagina-----
| /TESIS PROF. F.I. |	| PROG: MAST / POST |	| 24/6./94 |	| 7- 48 |
-----Telemecanique-/-TSX-----			----- 57-----

SUMARIO PROGRAMA :

parte pagina

MAIN : PRL 10
 CHART: PAGE 0 12

MAIN: POST 28

STEP :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PAGE :	-	13	15	19	22	27	13	16	19	22	25	13
STEP :	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
PAGE :	16	19	23	16	20	23	25	-	-	-	-	-
STEP :	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
PAGE :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STEP :	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
PAGE :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STEP :	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
PAGE :	-	14	17	20	23	26	-	-	-	-	-	-
STEP :	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
PAGE :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STEP :	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
PAGE :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STEP :	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
PAGE :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B0	POST	P10	- () -
B1	CHART	X2 -> X3 0/4 /0	- () -
		POST	P10	- () -
B2	CHART	X5 -> X1 0/12/0	- () -
		CHART	X6 -> X7 0/2 /2	- () -
B3	POST	P40	- () -
		CHART	X7 -> X8 0/4 /2	- () -
B4	POST	P60	- () -
		CHART	X9 -> X10 0/8 /2	- () -
B5	POST	P20	- () -
		CHART	X10 -> X6 0/10/2	- () -
B6	POST	P70	- () -
		CHART	X12 -> X13 0/4 /4	- () -
		POST	P85	- () -
		CHART	X15 -> X16 0/4 /5	- () -

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B7	POST	P95	- () -
B8	CHART	X16 -> X17 0/6 /5	- () -
		POST	P100	- () -
B10	CHART	X13 -> X14 0/6 /4	- () -
		PRL	p5	- (S) -
B11	PRL	p5	- (R) -
		POST	P245	- () -
		PRL	p6	- (S) -
B12	PRL	p7	- () -
		PRL	p7	- (R) -
		POST	P198	- () -
B13	POST	P186	- () -
B14	POST	P185	- () -
B15	POST	P185	- () -
		POST	P190	- () -
B16	POST	P191	- () -

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
B16	POST	P203	-	-
B20	POST	P156	-	-
		POST	P160	-	/
		POST	P245	-	-
B21	POST	P250	-	-
		POST	P260	-	-
B22	POST	P255	-	-
		POST	P260	-	-
B23	POST	P260	-	-
		CHART	X18 -> X5 0/10/0	-	/
		CHART	X18 -> X5 0/10/0	-	/
B30	POST	P435	-	-
		CHART	X3 -> X4 0/6 /0	-	-
B31	POST	P438	-	-
		CHART	X4 -> X18 0/8 /0	-	-
B32	POST	P49	-	-

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
B32	POST	P50	-	-
B75	POST	P217	-	-
		POST	P218	-	-
B76	POST	P218	-	-
		POST	P239	-	-
B77	POST	P430	-	-
B78	POST	P430	-	-
		POST	P431	-	/
B80	POST	P400	-	-
		POST	P410	-	-
B90	POST	P400	-	(S)
		POST	P420	-	(R)
		CHART	X51 -> X52 0/6 /7	-	-
B91	POST	P400	-	-
B93	POST	P420	-	-
B100	POST	P5	-	-

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
B100	POST	P115	-	-
B101	POST	P20	-	-
		POST	P115	-	-
B102	POST	P5	-	-
		POST	P120	-	-
B103	POST	P35	-	-
		POST	P35	-	-
		POST	P125	-	-
B104	POST	P45	-	-
		POST	P130	-	-
B105	POST	P65	-	-
		POST	P130	-	-
B106	POST	P75	-	-
		POST	P135	-	-
B107	POST	P105	-	-
B108	POST	P90	-	-

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
B108	POST	P138	-	-
B109	POST	P105	-	-
		POST	P140	-	-
B110	POST	P50	-	-
		POST	P145	-	-
B111	POST	P15	-	-
		POST	P150	-	-
B112	POST	P90	-	-
		POST	P140	-	-
B113	POST	P110	-	-
		POST	P155	-	-
B114	POST	P25	-	-
		POST	P156	-	-
B115	POST	P55	-	-
		POST	P160	-	-
B116	POST	P220	-	-

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B116	POST	P221	- | -
B117	POST	P225	- () -
B118	POST	P230	- () -
		POST	P239	- () -
B119	POST	P235	- () -
		POST	P239	- () -
B120	POST	P240	- () -
B121	POST	P20	- (S) -
		POST	P20	- (R) -
		POST	P204	- | -
		POST	P260	- | -
		CHART	X11 -> X12 0/2 /4	- | -
B125	POST	P221	- () -
		POST	P225	- () -
B126	POST	P239	- () -
		POST	P240	- () -

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B130	POST	P55	- / -
		POST	P134	- () -
B131	POST	P135	- (R) -
		POST	P135	- (S) -
		POST	P137	- | -
B200	CHART	X3 -> X4 0/6 /0	- | -
B201	CHART	X4 -> X18 0/8 /0	- | -
B203	POST	P201	- | -
		CHART	X1 -> X2 0/2 /0	- | -
B204	POST	P35	- | -
B205	POST	P35	- / -
B206	CHART	X11 -> X12 0/2 /4	- / -
		CHART	X11 -> X12 0/2 /4	- / -
B208	POST	P165	- | -
B209	POST	P165	- / -
		POST	P170	- / -

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B209	POST	P175	- / -
		POST	P190	
		POST	P191	
		POST	P200	
B210	POST	P115	- / -
		POST	P120	
		POST	P150	
		POST	P165	
		POST	P165	
B211	POST	P165	- / -
		POST	P170	
		POST	P175	
B212	POST	P115	- / -
		POST	P170	
		POST	P170	
B213	POST	P170	- / -
		POST	P170	

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B213	POST	P175	- -
B214	POST	P120	- -
		POST	P150	- -
		POST	P175	- -
		POST	P175	- () -
B215	POST	P195	- -
		POST	P140	- -
B216	POST	P165	- / -
		POST	P170	- / -
		POST	P175	- / -
		POST	P180	- () -
		POST	P190	- -
B217	POST	P203	- -
		POST	P156	- -
		POST	P186	- -
B218	POST	P156	- () -
		POST	P206	- () -

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B219	POST	P185	- | -
		POST	P191	- | -
B220	POST	P196	- | -
		POST	P130	- | -
B221	POST	P145	- | -
		POST	P194	- | -
B224	POST	P204	- () -
		POST	P197	- | -
B225	POST	P208	- | -
		POST	P130	- | -
B226	POST	P206	- | -
		POST	P201	- (S) -
B230	POST	P201	- (P) -
		CHART	X1 -> X2 0/2 /0	- | -
B231	POST	P195	- () -
B231	POST	P196	- () -

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B232	POST	P197	- () -
B233	POST	P199	- | -
B234	POST	P199	- () -
B235	POST	P138	- | -
		POST	P140	- | -
B237	POST	P206	- () -
		POST	P90	- | -
B240	POST	P160	- | -
		POST	P186	- | -
B241	POST	P194	- | -
		POST	P206	- () -
B243	POST	P198	- | -
		POST	P137	- | -
B245	POST	P203	- () -
		POST	P209	- | -
B245	POST	P135	- | -

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
B245	POST	P155	- | -
		POST	P204	- () -
B246	POST	P208	- () -
		POST	P195	- () -
B247	POST	P194	- () -
		POST	P200	- () -
B250	POST	P200	- () -
		POST	P200	- () -
B255	POST	P200	- () -
		PRL	p2	- () -
		PRL	p80	- () -
		POST	P265	- () -
		POST	P270	- () -
		POST	P430	- () -
		POST	P430	- () -
		POST	P440	- () -
POST	P440	- () -		

BITS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
I1,1	.....	POST	P145	- | -
		CHART	X8 -> X9 0/6 /2	- | -
I1,3	.....	POST	P10	- | -
		POST	P15	- | -
I1,4	.....	POST	P150	- | -
		POST	P50	- | -
I1,8	.....	CHART	X7 -> X8 0/4 /2	- | -
		PRL	p6	- | -
		PRL	p7	- | -
		POST	P35	- | -
		POST	P35	- | -
		POST	P135	- | -
		POST	P137	- | -
		POST	P137	- | -
POST	P165	- | -		
POST	P170	- | -		

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
I1,8	POST	P175	- / -
		POST	P190	- / -
		POST	P191	- / -
		POST	P195	- / -
		POST	P196	- / -
		POST	P196	- / -
		POST	P194	- / -
		POST	P197	- / -
		POST	P197	- / -
		POST	P198	- / -
		POST	P198	- / -
		POST	P199	- / -
		POST	P199	- / -
		POST	P200	- / -
		POST	P201	- / -

-BITS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
I1,8	POST	P203	- / -
		POST	P208	- / -
		POST	P208	- / -
		POST	P431	- / -
		POST	P436	- / -
		CHART	X1 -> X2 0/2 /0	- / -
		CHART	X1 -> X2 0/2 /0	- / -
		CHART	X6 -> X7 0/2 /2	- / -
		CHART	X11 -> X12 0/2 /4	- / -
		CHART	X11 -> X12 0/2 /4	- / -
I1,9	POST	P201	- / -
		POST	P201	- / -
		POST	P202	- / -
		POST	P202	- / -
		CHART	X18 -> X5 0/10/0	- / -
		CHART	X18 -> X5 0/10/0	- / -

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
O2, A	POST	P145	- () -
O3, 0	POST	P201	- (/) -
O3, 1	POST	P201	- (/) -
O3, 2	POST	P202	- (/) -
O3, 3	POST	P202	- (/) -
O3, 4	POST	P202	- (/) -
O3, 5	POST	P202	- (/) -
O3, B	POST	P150	- () -
O3, C	POST	P140	- () -
O3, D	POST	P155	- () -
O3, E	POST	P156	- () -
		POST	P160	- (/) -
O3, F	POST	P156	- (/) -
		POST	P160	- () -
SV1	PRL	p5	- () -
SV21	PRL	p7	- (S) -

BITS

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
SV22	PRL	p6	- (S) -
X2	POST	P5	- | -
		POST	P5	- | -
		POST	P10	- | -
		POST	P15	- | -
X3	POST	P20	- | -
		POST	P434	- | -
X4	POST	P5	- | -
		POST	P15	- | -
		POST	P35	- | -
		POST	P35	- | -
		POST	P437	- | -
X5	POST	P25	- | -
		POST	P30	- | -
		POST	P105	- | -
		POST	P250	- | -

BITS					
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
X7	POST	P25	-	-
		POST	P40	-	-
		POST	P250	-	-
X8	POST	P25	-	-
		POST	P45	-	-
		POST	P50	-	-
		POST	P250	-	-
X9	PRL	p5	-	-
		POST	P45	-	-
		POST	P50	-	-
		POST	P55	-	-
		POST	P60	-	-
		POST	P134	-	-
		POST	P250	-	-
X10	PRL	p5	-	-
		POST	P25	-	-

BITS					
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO	
X10	POST	P45	-	-
		POST	P50	-	-
		POST	P65	-	-
		POST	P70	-	-
		POST	P255	-	-
X11	POST	P49	-	-
		POST	P20	-	-
X12	POST	P45	-	-
		POST	P49	-	-
		POST	P65	-	-
		POST	P75	-	-
		POST	P80	-	-
		POST	P110	-	-
		POST	P255	-	-
X13	POST	P100	-	-
		POST	P137	-	-

-PALABRAS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
W0	POST	P205	[-->]
		POST	P205	[-->]
		POST	P205	[-->]
		POST	P205	[-->]
W4	POST	P210	[-->]
		POST	P210	[-->]
		POST	P210	[-->]
		POST	P215	[-->]
		POST	P215	[-->]
		POST	P215	[-->]
		POST	P215	[-->]
		POST	P216	[-->]
		POST	P216	[-->]
		POST	P216	[-->]
W101	POST	P435	-[<]-
		POST	P435	-[<]-
		POST	P435	-[<]-

-PALABRAS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
W101	POST	P435	-[<]-
		POST	P435	-[<]-
		POST	P436	[-->]
		POST	P438	-[<]-
		POST	P438	-[<]-
		POST	P438	-[<]-
		POST	P438	-[<]-
W102	POST	P434	[OP.]
		POST	P434	[OP.]
		POST	P434	[OP.]
		POST	P435	-[<]-
W103	POST	P437	[OP.]
		POST	P437	[OP.]
		POST	P437	[OP.]
		POST	P438	-[<]-
W104	POST	P436	[-->]

PALABRAS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
W104	POST	P436	[OP.]
W105	POST	P434	[-->]
		POST	P435	[<]-
W106	POST	P434	[-->]
		POST	P435	[<]-
W107	POST	P434	[-->]
		POST	P435	[<]-
W108	POST	P437	[-->]
		POST	P438	[<]-
W109	POST	P437	[-->]
		POST	P438	[<]-
W110	POST	P437	[-->]
		POST	P438	[<]-
CW0	POST	P205	[OP.]
CW4	POST	P205	[OP.]
CW8	POST	P205	[OP.]

PALABRAS				
VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
CW12	POST	P205	[OP.]
CW16	POST	P210	[OP.]
CW20	POST	P210	[OP.]
CW24	POST	P210	[OP.]
CW28	POST	P215	[OP.]
CW32	POST	P215	[OP.]
CW36	POST	P215	[OP.]
CW40	POST	P215	[OP.]
CW44	POST	P216	[OP.]
CW80	POST	P216	[OP.]
CW84	POST	P216	[OP.]
X1, V	POST	P205	[OP.]
		POST	P220	[<]-
X2, V	POST	P205	[<]-
		POST	P220	[<]-
X3, V	POST	P205	[<]-

-PALABRAS-

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
X3, V	POST	P220	-{<}-
X5, V	POST	P205	-{<}-
		POST	P220	-{<}-
X7, V	POST	P210	-{<}-
		POST	P230	-{<}-
X9, V	POST	P210	-{<}-
		POST	P230	-{<}-
X10, V	POST	P210	-{<}-
		POST	P230	-{<}-
X12, V	POST	P215	-{<}-
		POST	P235	-{<}-
X13, V	POST	P215	-{<}-
		POST	P235	-{<}-
X14, V	POST	P235	-{<}-

-----BLOQUES FUNCION-----

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
TXT0	POST	P400	
TXT1	POST	P225	
TXT2	POST	P240	
TXT0,R	POST	P400	-[<]-
		POST	P400	-[<]-
T0	POST	P10	
T1	POST	P30	
T2	POST	P40	
T3	POST	P60	
T4	POST	P70	
T5	POST	P80	
T6	POST	P85	
T7	POST	P95	
T8	POST	P100	
M0	POST	P221	
M1	POST	P239	

-----BLOQUES FUNCION-----

VARIABLE	MNEMONICO	TAREA	ETIQUETA	SIMBOLO
M2	POST	P186	
M3	POST	P134	
M5	POST	P410	
M7	POST	P245	
C0	POST	P195	
C1	POST	P196	
C2	POST	P197	
C3	POST	P198	
C4	POST	P199	
C5	POST	P203	
C6	POST	P208	
C7	POST	P185	
C0,V	POST	P180	-[<]-
		POST	P195	-[<]-
C1,V	POST	P196	-[<]-
		POST	P204	-[<]-

SUMARIO :	parte	pagina
	PORTADA	1
	CONFIGURACION E/S	2
	CONFIGURACION PROGRAMA	3
	PALABRAS CONSTANTES	7
	BITS y E/S SALVAGUARDADAS	9
	PROGRAMA	10
	SUMARIO PROGRAMA	58
	REFERENCIAS CRUZADAS (VARIABLES)	59
	REFERENCIAS CRUZADAS (MNEMONICOS)	76

CONCLUSIONES.

Hace algunos años la automatización sólo fue empleada exclusivamente en las industrias más avanzadas y sofisticadas, pero en los últimos años ha entrado progresivamente en nuestro medio industrial, prácticamente en todas las áreas, pues el avance tecnológico tan continuo y vertiginoso, en un mundo eminentemente industrializado, hace imprescindible e imperiosa la necesidad de optimizar los procesos, a fin de obtener una rápida información sobre el estado de un sistema, ahorrar tiempo, energías, etc.

Los primeros síntomas de automatización se marcaron con la aplicación de dispositivos capaces de controlar una secuencia de operaciones, es decir los elementos eléctricos realizaban el tratamiento de las señales; Automatismo Eléctrico. En un automatismo electrónico el tratamiento de las señales es realizada por los Automatas Programables o Controladores Lógicos Programables (PLC'S), especialmente cuando las máquinas o equipos a controlar son complejos y exigen por consiguiente procesos también complejos.

Los autómatas programables se deben particularmente a que éstos dan respuestas efectivas a necesidades técnicas, económicas y humanas, para eliminar las tareas difíciles y peligrosas; mejorar la productividad, controlar una producción flexible e incrementar la seguridad y el control. En un proceso de automatización, son muchísimos los elementos que se necesitan: preaccionadores, accionadores, captadores y terminales industriales. Sólo con el conocimiento de los mismos y de las técnicas actuales podremos solucionar en forma adecuada, las necesidades tan diversas y múltiples que a diario se encuentran en la industria.

La introducción de los PLC's en los procesos de producción tiene un aspecto social muy importante que no debemos pasar por alto; implica que el personal debe conocer los elementos básicos para el buen funcionamiento y desarrollo del proceso de los contrario se vera reemplazado y estaríamos hablando de desempleo, los efectos a estos cambios pueden ser disminuidos con una buena política social.

Un PLC's es una potente herramienta con la que se pretende realizar una implementación de un proceso de fabricación de caramelos en base a la experiencia

de investigación y al desarrollo de este trabajo y esta fundada principalmente en los siguientes puntos:

- Elegir el equipo necesario y óptimo para la realización de dicho proyecto.
- Tomar en cuenta la facilidad de adquisición de los equipos en el mercado; equipo mecánico, eléctrico y electrónico que fueron analizados anteriormente.

Uno de los objetivos de nuestro trabajo fue desarrollar un sistema de control moderno y de vanguardia que solucionara el problema mencionado, aplicando lo expuesto en la presente obra (que fue implementado en la fábrica de caramelos del Grupo Dikomier S.A. de C.V.), podemos decir que el proyecto fue realizado con una eficiencia del 100% a pesar de los problemas administrativos y de seguridad.

El programa de aplicación del controlador refleja una idea más clara del suministro y adquisición de datos, instalación y ajustes del proceso de producción:

- Sistema neumático. El análisis no plantea desarrollo de formulas, pero si resuelve de manera total la implementación de sus elementos.
- Sistema eléctrico. Aquí sólo se dimensionarán los equipos adecuados para cada función.
- Sistema electrónico. Se invirtió tiempo considerable en el desarrollo del programa que controla todo el sistema y sobre el cual se lograrón todos los objetivos.

Finalmente este trabajo es corolario al esfuerzo realizado, demostrando con ello que, con los conocimientos adquiridos durante la carrera se puede alcanzar todo aquello que el estudiante quiere brindar a la industria nacional o porque no, para su propio desarrollo profesional y personal.

BIBLIOGRAFIA.

1. **Introducción al Control de Procesos por Ordenador.**
Joaquín Corominas Viñas.
Universidad Politécnica Barcelona.
Marcombo.
2. **Mundo Electrónico.**
Aril 1989.
No. 194.
3. **Mundo Electrónico.**
Diciembre 1981
No. 112.
4. **Aplicaciones Telemecanique.**
International Division.
7, Rue Henri Becquerel
92508 Rueil-Malmaison France.
5. **Manual de Entrenamiento.**
Familia PLC-2 parte-1.
Centro de Entrenamiento Allen-bradley.
6. **Concepción de un automatismo.**
Telemecánica Eléctrica Española, S.A.
Carretera. Andalucía, km 13.
GETAFE-Madrid (España).
7. **Mitsubishi Handy Manual.**
FX-series Programable Controller.
8. **Mundo Electrónico.**
Julio 1989.
No. 197.

9. **Telemecanique.**
AEM 4 User's manual.
TSXD43727
43727 France.

10. **Telemecanique Didactic.**
1988 (Iniciación a la práctica del TSX17).
5 Rue Nadar.
92500 Rueil-Malmaison France.

11. **Electrónica Industrial.**
Tomothy J. Maloney.
Prentice-hall Hispanoamericana, S. A.

12. **Los Automatismos Programables Integrados.**
Catálogo 1992
Groupe Schneider.

13. **Los automatismos Programables.**
Edición CITEF.
Febrero 1991.

14. **Conversión de Energía Electromecánica.**
Vembu Gourishankar.
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.
México 1975.

15. **Square D Automotion Products.**
Technical Overview Manual.
August 1992.

16. **Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones.**
Ronald J. Tocci.
Prentice-hall Hispanoamericana, S. A.

17. **Ingeniería de Control Moderna.**

Katsuhiko Ogata.
Prentice-hall Hispanoamericana, S. A.

18. Lógica Digital y Diseño de Computadores.
Morris M. Mano.
Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A.

19. Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción.
Gilberto Enriquez Harper.
Limusa.

20. Dispositivos Electrónicos Tomo II.
Cuarta Edición.
Instituto Politécnico Nacional.
1985.

21. Máquinas Eléctricas y Electromecánicas.
Syed A. Nasar.
Serie Schaum.
Mc. Graw-Hill.

22. Mundo Electrónico.
Julio 1986.
No. 163.

23. Controles y Automatismos Eléctricos.
Luis Flower Leiva.
Telemecanique de Colombia S. A.
1989.