

300617

17
2e)



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

CONTROLADORES LOGICO-PROGRAMABLES:

DISEÑO E IMPLANTACION DEL PROGRAMA DE CONTROL DE UNA MAQUINA DE MANUFACTURA DE MEDIAS EN UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

JEAN PAUL GAILHARD SCHELLER

JORGE BENILDO MUÑOZ PAREDES

MARIA LETICIA RODRIGUEZ BLANCO

JAIME SANTOYO VEGA

OCTAVIO ARTURO VILLA RAMIREZ

ASESOR DE TESIS: ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ

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.



LA SALLE

A los Pasantes Señores:

Jean Paul Gailhard Scheller
Jorge Benildo Muñoz Paredes
María Leticia Rodríguez Blanco
Jaime Santoyo Vega
Octavio Arturo Villa Ramírez

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. Guillermo Aranda Pérez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Electrónica.

**"CONTROLADORES LOGICO-PROGRAMABLES:
DISEÑO E IMPLANTACION DEL PROGRAMA DE CONTROL DE UNA MAQUINA
DE MANUFACTURA DE MEDIAS EN UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE"**

con el siguiente índice:

CAPITULO I	INTRODUCCION
CAPITULO II	DESCRIPCION Y OPERACION DE LA MAQUINA DE
CAPITULO III	MANUFACTURA DE MEDIAS
CAPITULO IV	CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES
CAPITULO V	EL PLC DE TELEMECANIQUE TSX 1720
	DISEÑO DEL PROGRAMA
	PRUEBAS Y RESULTADOS
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E
"INDIVISA MANENT"
ESCUELA DE INGENIERIA

México, D.F., a 9 de Mayo de 1994


ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ
ASESOR DE TESIS


ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS
D I R E C T O R

UNIVERSIDAD LA SALLE

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 514-06-00 MEXICO 06140, D.F.

GRACIAS

A Dios, por haberme dado el regalo de la vida y permitirme llegar a este punto.

A mi madre, por todo lo que me ha dado y su eterna amistad, te amo.

A mi padre, por haber hecho posible el llegar hasta aquí.

A mis hermanos, Marcel y René, por ser como son, los quiero y los admiro, sigamos juntos!!!

A mis amigos: Pilar, Eduardo O., Enna, Eduardo C., Jorge V., Beto B., César, Ceci N., Paco, Sergio M., Rafa de la V., Juan H., Adrián Ch., Claudia J., Jeanette, Guille, Nacho, Jorge M., Lourdes, Lety, Cali, Christie, Erick, Memo A., Rocio, Benjamín, Alicia, Ceci y Víctor, Carmen y Pablito, Enrique M., Beto L., Carlos M., Carlos Z., Jorge G., Mario M., Jorge M., Laurencio, Sergio R., Reynaldo, Víctor A., Chucho A., Manuel C., César R., Arturo M., Clemente P., Roberto A., Gaby P., Martha R., Jorge B., Víctor Román, Víctor Rodríguez, Jorge P., Lupita M., Esther, Elida, por ustedes he sido, soy y seré.

A los "pinguinos" con especial cariño: Rafa, Yola, Javier "Pinguino", Vero, Arturo "Chuck", Gerardo "La Gorda", son de lo mejor que me ha sucedido

A una persona muy especial que me devolvió algo muy especial: León IV, M.B.P.

A Jerónimo y la cuadrilla "A", ustedes han sido la mejor escuela que he tenido.

A aquellos maestros que se salieron de sus terrenos para entrar al mío como grandes amigos: Miss Esther, el "Sub" Mario, Prof. Carlos Ceseña, Bety Ovalle, Rafael Villegas, Enna y Memo.

A Memo, por tu amistad y haber hecho posible este trabajo (Por Fin!!!)

A los que ya no están aquí, pero siempre estarán conmigo: Abue, J. y E.

A todos ustedes: GRACIAS!!!!!! todos me han dado lo que considero el regalo más grande que se puede tener, SU AMISTAD Y SU CARIÑO.

Gracias a Dios por darme la oportunidad de ser lo que soy

Gracias a mi Padre por el ejemplo que me ha dado y a mi Madre por el apoyo que siempre a sido

Dedico este trabajo a ustedes, a mi hermana, a Alvaro y su familia

Jorge

A Dios... por el privilegio de la vida, por mi familia, mis amigos, y por la gran oportunidad de haber concluido este esfuerzo.

A mis padres... porque de ustedes tuve el ejemplo y sin ustedes... simplemente no sería lo que soy. Por ese incondicional 100% que siempre han sabido dar... mil gracias... los amo!!

Para el gran ejemplo de mi vida.... por tu extraordinaria forma de vivir, tu entereza en todo momento, tu gran amor, tu alegría y porque siempre estarás aquí... Abue.. aunque tarde... mil gracias

A Monseñor Justo Goizueta por su infinita amistad, paciencia, consejo y apoyo.

A mis hermanos "los feos" por su alegría, su apoyo y su compañía siempre. Los quiero mucho!!.

A mis amigos Angélica, Jean Paul, Eduardo, Jorge C., Chavita, Fer, Javier, José Ramón por los buenos y malos ratos que hemos compartido Por ser como son y por su amistad.. mil gracias!

A Tere B. por todo lo que juntas hemos aprendido

A Jorge S., Nacho, Néstor, Luis y Genaro por su apoyo y su amistad. Gracias.

A mis maestros por haber contribuido a forjar este camino.

Muy en especial a Memo porque gracias a tu amistad, tu apoyo y tu insistencia este trabajo ha sido posible... un millón de gracias.

Porque gracias a ustedes soy lo que soy MIL GRACIAS!!

Leticia Rodriguez

Junio 1994

**A Dios. Como una forma de agradecerle la
oportunidad de administrar Sus Talentos.
A mis padres, por su entrega total, a costa de
todo, para ayudarme a culminar esta etapa
como estudiante.
A Gaby, por estar conmigo en todo momento.**

Jaime

**Gracias a mis Padres
Por la educación y el ejemplo que me han dado.**

**Gracias a DIOS
Por los Padres que me dio.**

Octavio

**Diseño e Implantación del Programa de Control de una
Máquina de Manufactura de Medias en un
Controlador Lógico Programable**

Indice

Introducción	1
I. Descripción y Operación de la Máquina de Manufactura de Medias	
1.1 Descripción de la Máquina	5
1.2 Operación de la Máquina	6
1.3 Interruptores y Tablero de Control	21
1.4 Sensores y Actuadores	29
1.5 Procedimiento de arranque y paro	35
1.6 Problemática	38
II. Controladores Lógicos Programables	
2.1 Introducción	42
2.2 Historia	44
2.3 Arquitectura básica y funciones especiales	48
2.4 Lenguajes de programación	56
2.5 Aplicaciones de los PLC's	61
III. El PLC de Telemecanique TSX 1720	
3.1 Características principales	68
3.2 Arquitectura	72
3.3 Lenguajes de programación	73
IV. Diseño del programa	
4.1 Lista de variables	87
4.2 Codificación del Programa	90
4.3 Documentación del Programa	100
4.4 Descripción del Programa	103
V. Pruebas y Resultados	121
Conclusiones	128
Bibliografía	130

Introducción

Este trabajo presenta el desarrollo de un programa para un Controlador Lógico Programable (en lo sucesivo PLC), con el objetivo de sustituir la circuitería de control de una máquina dedicada a la manufactura de medias.

La máquina antes mencionada emplea lógica de relevadores como mecanismo de control y el objetivo será sustituir esta lógica por un dispositivo de mayor eficiencia, que permita disminuir el mantenimiento requerido, dar una mayor versatilidad a la línea de producción y que garantice su implantación en forma transparente y en un período de tiempo reducido.

A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos que integran el presente trabajo

El desarrollo principia con la descripción de la máquina de manufactura de Medias, su forma de operar y los diferentes sistemas de que consta. Así mismo son especificados los procedimientos de paro y arranque del equipo.

En el capítulo II se presenta una introducción a los controladores lógico programables, su historia, arquitectura y los diferentes lenguajes de programación que es posible emplear para desarrollar software para estos dispositivos, además se expresan las principales ventajas y desventajas.

A continuación, el tercer capítulo ofrece una descripción detallada del PLC que ha sido utilizado 'Telemecanique TSX 1720'. Se mencionan todas sus características principales.

su arquitectura y una descripción específica de los lenguajes escalera y Grafset. En este capítulo se presentan además diagramas y tablas referentes al PLC.

El capítulo IV ofrece la descripción del diseño del programa, con su lista de variables asignación de entradas y salidas y el listado proporcionado por el software que corriendo bajo una PC fue empleado para la codificación y transferencia del programa al PLC.

El capítulo quinto presenta la secuencia de pruebas que ha sido empleada para la validación del funcionamiento del programa y los diferentes resultados obtenidos de la misma.

Por último son presentadas una serie de conclusiones derivadas de la etapa de pruebas y del análisis de toda la información reunida y la operación misma de la máquina.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende sustituir la forma de control actual de la máquina de manufactura de medias por el TSX 1720 corriendo el software diseñado para tal efecto. Esto representa una alternativa que con una relativa facilidad de implantación, ofrece a la empresa manufacturera la posibilidad de aprovechar nuevas tecnologías y aplicarlas a sus procesos de control buscando la reducción de costos y el incremento de la eficiencia.

Capítulo I

Descripción y Operación de la Máquina de Manufactura de Medias

L Descripción y Operación de la Máquina de Manufactura de Medias

1.1 Descripción de la Máquina

1.2 Operación de la Máquina

1.2.1. Operación de las Tijeras

1.2.2. Operación de la Máquina de Coser

1.2.3. Tambor de Levas

1.3 Interruptores y Tablero de Control

1.4 Sensores, Actuadores y Motores de la Máquina

1.5 Procedimiento de Arranque y Paro

1.6 Problemática

1.1 Descripción de la Máquina

El proceso industrial de manufactura de medias consta de tres pasos o subprocesos:

- Tejido del tubo de la media
- Manufactura de la parte superior de la pantimedia o calzón (máquina redonda)
- Cierre de puntas de los pies de la prenda (máquina de punta)

Es de principal interés para este trabajo el segundo de estos subprocesos: la máquina redonda en cuya operación se da a la prenda su forma principal quedando únicamente pendiente el cierre de las puntas de los pies.

La manufactura de la parte superior de la pantimedia (calzón) será realizada en una máquina denominada "redonda". Esta es una máquina de Takatori Machinery Mfg. Co. de fabricación americana con tecnología japonesa. Esta máquina consta de una parte circular central fija y una parte circular en forma de anillo móvil que girará en torno a la parte fija.

La operación de esta máquina ofrece la ventaja de poder ser operada por una sola persona u "operador" quien para controlar el proceso contará con la ayuda de un tablero de control a su alcance a través del cual detectará posibles fallas y mediante interruptores realizará cualquier cambio en la operación (paros, procesos manuales, etc.).

Esta máquina observada desde arriba es una máquina de forma circular dividida en cinco partes iguales. Cada una de estas partes será denominada estación o posición del "clamp" debido a que en estas se ubica un mecanismo constituido por una prensa o "clamp". Sobre este "clamp", que visto desde arriba tiene la forma de dos "U" paralelas, se colocan desde su base hasta el extremo superior, los tubos de media a ser manufacturados a fin de sujetarlos o prensarlos.

El proceso de la máquina será ejecutado en una secuencia a través de la cual, cada una de las cinco estaciones irá girando a lo largo de la circunferencia de la máquina.

1.2 Operación de la Máquina

La operación de la máquina se inicia en la primera posición (etapa 1 de la Fig. 1.1) con la "alimentación" o colocación del producto inicial en el "clamp" de la máquina. Esta colocación se hará desde la base del "clamp" hacia la parte superior de la U.

El producto inicial estará constituido por dos tubos de tejido elástico que constituirán las piernas de la pantimedia. Cada uno de estos tubos será montado en forma manual por el operador (posición 1) sobre cada parte del "clamp". Una vez efectuado esto, las partes del "clamp", inicialmente separadas entre sí, se juntarán prensando de esta forma la media, manteniéndola fija durante todo el proceso.

Una vez unidas, el "clamp" girará hasta llegar a la siguiente posición. En esta etapa se hará el corte de la prenda a lo largo de la longitud del "clamp" (parte interna de la "U") y en su parte media para comenzar a dar forma al calzón de la media.

Las tijeras se hallarán en la posición de "listas" para comenzar su operación, y estarán ubicadas sobre la parte central fija de la máquina. Al llegar el "clamp" a la posición, las tijeras comenzarán el corte mediante la operación de dos motores: uno que le permitirá desplazarse hacia el "clamp" y otro que dará el movimiento mecánico de corte para las tijeras.

Al mismo tiempo que se ejecuta la operación de corte, los "clamps" continuarán girando hacia la tercera posición de la máquina, por lo cual las tijeras también girarán en esta dirección. Al finalizar las tijeras el corte en el punto extremo del "clamp" se detectará esta posición a través de un micro-switch que dará una señal que parará el motor de avance de las tijeras, iniciándose la retracción de estas hacia el centro de la máquina. Al llegar a la tercera posición las tijeras terminarán su retracción (posición que será sensada) y regresarán a su posición inicial en la etapa dos quedando nuevamente en la posición de "listas".

Simultáneo a la operación de corte en la etapa 2 y 3 de los "clamps" en la etapa 1 se estará colocando la 2a. pieza o prenda que será procesada. Es decir, de manera similar como se ocupan los asientos de una rueda de la fortuna en forma secuencial, de igual forma se irán colocando las prendas en los cinco "clamps" al ir girando estos, pasando frente al operador cada "clamp" vacío.

Durante el desplazamiento del "clamp" hacia la cuarta etapa este topará en su base con un engrane fijo, ubicado en la base central de la máquina, que embonará con un engrane móvil ubicado en la base del "clamp" y que al girar abrirá de forma mecánica los brazos del "clamp" dejando expuesta la orilla cortada de la prenda que será cosida en la cuarta posición.

Al llegar a la cuarta posición se activará el motor de la máquina de coser que unirá las dos piezas montadas en el "clamp" constituyendo esta costura la parte media del calzón de la pantimedia. Al mismo tiempo que se ejecuta la costura, la máquina de coser contará con

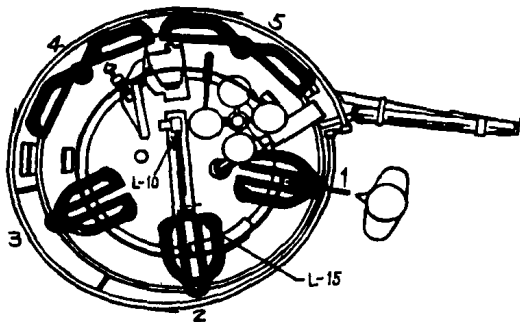
un cortador junto a la aguja el cual irá cortando la orilla de la media inmediatamente después de ser cosida. Junto a este cortador existirá un tubo que succionará la orilla de desperdicio que es cortada durante la operación.

Terminada la operación de corte, el "clamp" se desplazará a la quinta etapa en donde se retirará la prenda ya terminada. Para ello los clamps se volverán a cerrar y se separarán dejando libre la media que será retirada de la máquina por un dispositivo de succión que la conducirá a un depósito para después ser llevada al proceso final en la máquina de punta.

Con este último paso se termina el proceso de manufactura de la primera media colocada en la máquina mientras que al mismo tiempo en las otras etapas se efectúan las diferentes operaciones establecidas para cada una de las cuatro piezas.

Todo este proceso será controlado en forma mecánica por un tambor de levas movido por el motor principal que al girar irá definiendo, al accionar micro-switches por medio de las levas, cada una de las condiciones que se deben presentar a lo largo del proceso para poder avanzar de una etapa a otra.

Además de este controlador existirán detectores a lo largo del proceso que sensarán diferentes posiciones cuya detección será indispensable para la continuación de la operación. Estas posiciones a detectar de acuerdo a la secuencia en que se presentan son: posición fija del "clamp", posición "lista" de las tijeras, posición final de avance o corte de las tijeras, posición de retracción de las tijeras, detección de la apertura correcta de los brazos del "clamp" mediante el correcto embonamiento de los engranes, detección de hilo roto en la máquina de coser y detección de la correcta sujeción de la prenda por el pie de presión de la máquina de coser.



Operador

Vista superior de la máquina "redonda"
Fig. 1.1

En resumen la operación de la máquina se dará en cinco pasos fundamentales:

1. Colocación manual y sujeción de los tubos de la media al "clamp". Operación ejecutada por el único operador de la máquina.
2. Corte de la parte interna de los tubos de la media con la carrera de las tijeras hacia adelante y desplazamiento simultáneo de estas y del "clamp" hacia la 3a. etapa del proceso.
3. Terminación del corte, retracción o regreso de las tijeras y desplazamiento de estas a su posición original (etapa 2). Una vez retiradas las tijeras de la prenda, el "clamp" se desplazará hacia la etapa siguiente. Durante este movimiento los brazos del "clamp" serán abiertos en forma mecánica con el fin de dejar expuesta el área a ser cosida en la 4a. etapa (parte media del calzón de la pantimedia).

4. La prenda será cosida en su parte media por la máquina de coser, la cual al mismo tiempo cortará la orilla sobrante del tejido. Dicho sobrante será succionado por un tubo situado en el punto de terminación de la costura.
5. Esta etapa constituirá la unión de dos subprocesos, el de la máquina redonda y la máquina de punta. Para tal efecto la prenda será liberada del "clamp" y será extraída (por succión) y colocada de manera mecánica en el siguiente proceso.

1.2.1 Operación de las Tijeras

Durante la segunda estación será ejecutada la operación de corte con la cual se comenzará a dar forma a la parte superior de la pantimedia o "calzón".

Al ser montados los dos tubos de medias (tejido que constituirá las piernas de la prenda) en el "clamp" durante la primera posición, ambos tubos quedarán colocados en forma paralela uno con otro. Al pasar a la segunda etapa del proceso ambos tubos serán cortados por su lado interno, es decir, por el lado común a ambos tubos de las medias.

El proceso de corte dará inicio en la segunda posición de los "clamps" quedando concluida esta operación en la tercera posición. Debido al desplazamiento de los "clamps" de una posición a otra durante el proceso de corte, será necesario que las tijeras ejecuten diversas operaciones a la vez:

- **Movimiento giratorio para seguir al "clamp" en su trayectoria circular.**
- **Movimiento de avance hacia adelante y de retracción para hacer el corte de los tubos de las medias (entrada y salida de las tijeras de la prenda). Este movimiento se hará en forma perpendicular al "clamp".**
- **Movimiento de corte propio de las tijeras.**
- **Regreso mecánico de las tijeras de la tercera posición del proceso a su posición inicial o fija en la etapa 2 mediante un resorte, una vez que se ha terminado el corte y se han retraído completamente.**

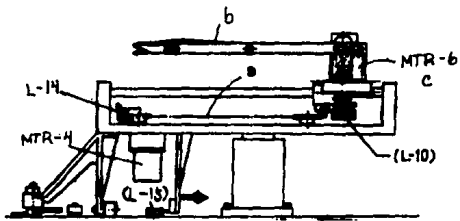
El desplazamiento hacia adelante y de retracción de las tijeras estará dado mediante la acción de cadenas (situadas en la parte inferior del mecanismo (a) Fig. 1.2) movidas por el motor de desplazamiento MTR-4. La operación de las tijeras para el corte de la prenda

será ejecutada por el movimiento vertical del brazo de corte (b) (movimiento propio de las tijeras), controlado por el motor de corte MTR-6 colocado en el punto (c).

Para la ejecución correcta de esta operación debe asegurarse que el desplazamiento de las tijeras a través de la prenda se realice exactamente por la línea central entre la parte superior e inferior y derecha e izquierda del "clamp".

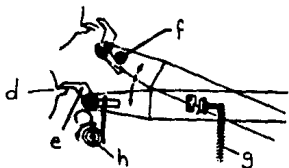
El movimiento giratorio de las tijeras deberá darse durante la operación de corte siguiendo la misma trayectoria y velocidad de desplazamiento del "clamp". Esta condición será lograda mediante el enganche o embone de los "dientes" o ganchos situados uno en la base del clamp (d) (Fig. 1.3) y el otro en la base de las tijeras (e). Una vez terminada la operación de corte (tijeras ya retraídas) el gancho o diente de la base de las tijeras hará contacto con el tope (f) que lo empujará permitiendo que este se separe del gancho del "clamp". Al quedar libres las tijeras del clamp éstas regresarán a su posición inicial en la etapa 2, mediante la acción del resorte (g), haciendo contacto con el tope (h), concluyendo en este momento el ciclo de la operación de corte.

Con el propósito de identificar cualquier falla que pudiera existir durante la operación de corte, impidiéndose así el desempeño correcto de la máquina, existen diferentes sensores para la medición del proceso en diferentes puntos de la operación. El micro-switch L-10 (Fig.1.2) detectará la posición final de retracción de las tijeras, dando en este momento la señal que parará la operación del motor de desplazamiento MTR-4. El micro-switch (L-14) detectará el punto final en el avance hacia adelante de las tijeras (punto en el extremo del "clamp") sirviendo esta señal para detener el motor de corte MTR-6. Finalmente, el micro-switch L-15 detectará la posición fija de las tijeras al regresar estas a su posición inicial en la etapa 2.



Tijeras

Fig. 1.2



Conexión de las tijeras con el "clamp" (Base de las Tijeras)

Fig. 1.3

1.2.2. Operación de la Máquina de Coser

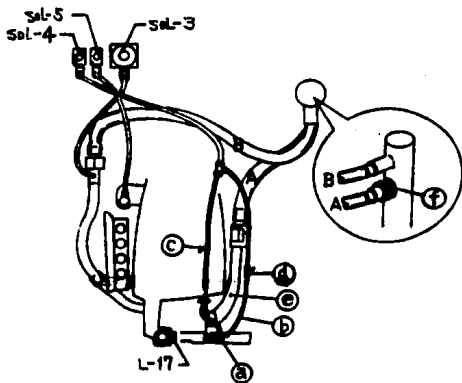
Durante la cuarta etapa se llevará a cabo la operación de costura de la prenda.

Para que esta operación sea posible, el "clump" será abierto previamente entre la tercera y cuarta etapa con el fin de dejar expuesta la orilla interna de la media, hecha durante el corte, para que sea cosida. Con esta operación quedará cosida por completo la parte media del calzón de la pantimedia.

Esta costura se hará aproximadamente a 1 cm. de la orilla de la media. Para eliminar esta orilla sobrante existe en la máquina de coser, junto a la aguja, un cortador que eliminará este sobrante al mismo tiempo que realiza la costura de la prenda. Este desperdicio será retirado de la máquina a través de un tubo de succión colocado junto al cortador

Con el fin de facilitar la operación de costura, la máquina de coser posee dos boquillas de aire (a) y (b) (Fig. 1.4) que le permitirán mantener estirada la prenda al pasar a través del pie de presión. La cantidad de aire será regulada por las válvulas de paso de aire (c) y (d). El suministro de aire para la succión del desperdicio a través del tubo destinado para ello (e) será regulado mediante el giro del collar regulador de aire (f).

Al igual que en la operación de corte, en esta operación existen diversos sensores que permitirán controlar el proceso y detectar fallas en caso de existir, para poder de manera oportuna, solucionar los problemas e impedir daños importantes a la máquina. El micro-switch L-17 se utilizará para la detección de la posición fija y acción del pie de presión.



Mecanismos de la Máquina de coser

Fig. 1.4

La máquina de coser contará además con tres válvulas solenoides que accionarán los diferentes procesos que en la operación se realizan. El solenoide SOL-3 controlará el suministro de aire al cortador de sobrantes de la máquina de coser. El solenoide SOL-4 activará el suministro de aire para la operación de la máquina. El solenoide SOL-5 servirá para levantar y posicionar el pic de presión sobre la prenda.

El mecanismo de la base de la máquina de coser está constituido principalmente por dos levas: una leva transversal que sirve para mantener el movimiento perpendicular de la máquina y en forma tangente al movimiento de los "clamps"; y la otra leva servirá para determinar el giro del punto de costura para mantenerlo paralelo a la curva de costura a lo largo del movimiento del "clamp".

1.2.3. Tambor de Levas

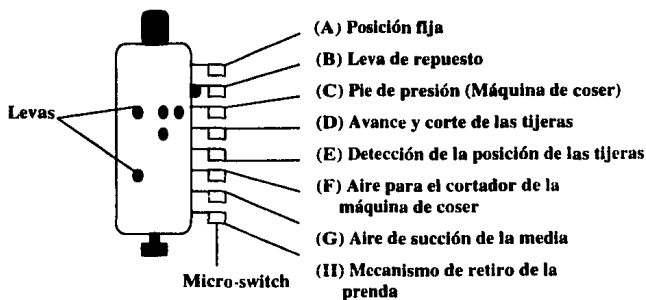
La mayoría de las operaciones de la máquina, así como la definición de las condiciones para el cambio de posición del "clamp" estarán controladas por un tambor de levas ubicado en la parte inferior de la máquina y que será movido por el motor principal de esta. La carrera o giro del tambor activará a su paso, por medio de las levas, diversos micro-switches que definirán las condiciones esperadas en cada posición. Una revolución o vuelta completa del tambor equivale a la definición y ejecución de la operación en cada una de las posiciones de los "clamps", es decir, para que una prenda sea terminada en un ciclo completo de trabajo (cinco etapas), el tambor deberá dar cinco vueltas completas.

El tiempo de transición de una etapa a otra será controlado por las levas del tambor cuya distribución y separación una de otra será preestablecida desde la fabricación de la máquina. En caso de ser requerido el cambio de estos tiempos de acuerdo al tipo de prenda que se elabore, las levas podrán ser reposicionadas aflojándolas y cambiándolas de posición con la ayuda de un desarmador.

En la Fig. 1.5 se muestra la disposición e identificación de cada una de las levas del tambor de control.

Nota: En caso de requerirse un cambio en la posición de las levas deberá de evitarse el hacer este cambio en algunas de ellas debido a que existe la posibilidad de ocasionar un desajuste en la operación y causar problemas en el proceso. Estas levas son:

- (A) Posición fija
- (D) Corte y desplazamiento de las tijeras
- (E) Detección de la posición de las tijeras



Tambor de levas

Fig. 1.5

Descripción de la función de las levas

(A) Leva de posición fija (L-1):

Esta leva determina la posición fija o de paro del motor principal en condiciones de arranque manual u operación automática (intermitente). En el caso de la operación "non-stop" la máquina trabajará en forma continua independientemente de esta leva aún con el tambor de control girando continuamente. (Estas formas de operación se explicarán posteriormente. Tema 1.3)

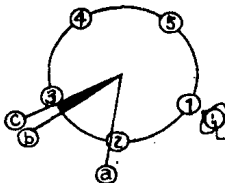
(B) Leva de refacción (L-2):

(C) Leva del pie de presión de la máquina de coser (L-3):

La acción de esta leva levantará el pie de presión a través de la energización de la válvula solenoide (SOL-5).

(D) Leva de corte y desplazamiento de las tijeras (L-4):

Esta leva determinará el arranque del motor de corte de las tijeras y del motor que producirá el desplazamiento de estas hacia adelante a través del corte de la prenda .



L-10

Operador

Posición de las tijeras

Fig. 1.6

(E) Leva de detección de la posición de las tijeras (L-5):

Al darse esta señal las tijeras deberán haber regresado, después de concluir la operación de corte, desde el extremo final del "clamp" y estar retraídas para regresar posteriormente a su posición inicial o fija, definida en la segunda etapa del proceso. De este modo esta leva permitirá detectar si existe una falla en la posición de las tijeras.

Las tijeras comenzarán su operación en la posición (a) de la Fig.1.6. Al mismo tiempo en que se inicie la operación de corte, el mecanismo de las tijeras se desplazará en dos sentidos, uno siguiendo la trayectoria giratoria de los "clamps" hacia la etapa siguiente en la dirección de la flecha y el segundo hacia adelante, parando al llegar a la posición (b). La detección de la falla se llevará a cabo dentro del rango comprendido de la posición (b) a la (c). Si existe falla en las tijeras al regresar desde el extremo o si el switch (L-10), encargado de la detección de la posición de retracción de las tijeras, falla al accionarse dentro del rango definido, se originará un paro de emergencia automático.

(F) Leva para la corriente de aire del cortador de sobrantes del tejido (L-7):

La leva energiza el solenoide (SOL-3) que accionará la corriente de aire para el funcionamiento del cortador que opera junto a la aguja de la máquina en forma simultánea a esta con el fin de cortar la orilla sobrante del tejido.

(G) Leva del aire para succión de media "Dream sub-air" (L-8):

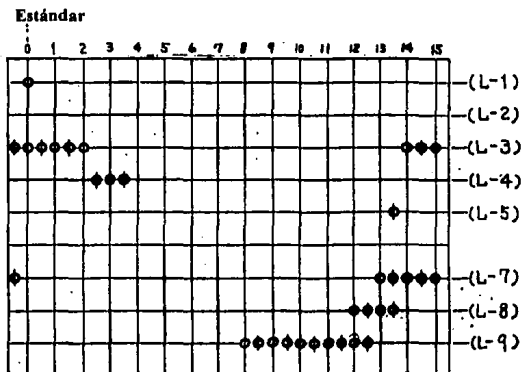
Esta leva energiza la válvula solenoide (SOL-1) que acciona la corriente de aire para retirar la prenda de la máquina redonda.

(H) Leva de activación del mecanismo de retiro de la prenda (L-9):

Esta leva sirve para energizar el solenoide rotatorio (RSO-3) del mecanismo de succión de la prenda para retirarla de la máquina redonda. Al energizarse el solenoide este abrirá el acceso al tubo de succión que conducirá a la prenda terminada a un depósito donde se irán agrupando las pantimedias para ser trasladadas al proceso final para el cierre de las puntas de los pies en la máquina de punta.

La disposición estándar de las levas del tambor de control se muestran en la Fig. 1.7.

Nota: El espacio en el tambor de levas correspondiente a la leva L-6 es utilizado para dar una función adicional a esta máquina. Sin embargo, para este estudio no se tomó en consideración debido a que el modelo de la máquina para la cual el controlador ha sido diseñado no lo incluye.



Disposición estándar de las levas del tambor de control

Fig. 1.7

El proceso completo de manufactura de medias consta de dos sub-procesos como se menciona en el tema 1.1: la máquina redonda o de manufactura del calzón de la media y la máquina de punta (costura de las puntas de los pies).

Los modelos más recientes de la máquina en estudio (máquina redonda) integran ambos sub-procesos en uno solo mediante una operación de unión de estos. Esta función adicional es ejecutada por un dispositivo que retira de forma mecánica la prenda de la máquina redonda, volteándola y colocándola en la máquina de punta para la costura de éstas.

Esta función adicional estará controlada por una leva, cuya disposición en el tambor ocupará el sexto lugar (L-6), la cual energizará al solenoide (SOL-2) que activará el mecanismo que retira la prenda de la máquina redonda y la coloca en la máquina de punta.

1.3. Interruptores y Tablero de Control

Para la ejecución y el control del proceso por parte del operador existen a su alcance (junto a la posición de la primera etapa de la máquina) un tablero de operación y un panel de control en los que se tendrán diversos dispositivos e indicadores que permitirán al operador medir el proceso y controlarlo mediante la acción de éstos. La disposición e identificación de estos controles se muestran en las Figs. 1.8 y 1.9 de la siguiente página.

(1) Botón de arranque "START" (PB-3):

Este botón será utilizado únicamente para el arranque de la máquina en operación continua o non-stop y arranque manual.

(2) Botón de operación "OPERATION" (PB-1):

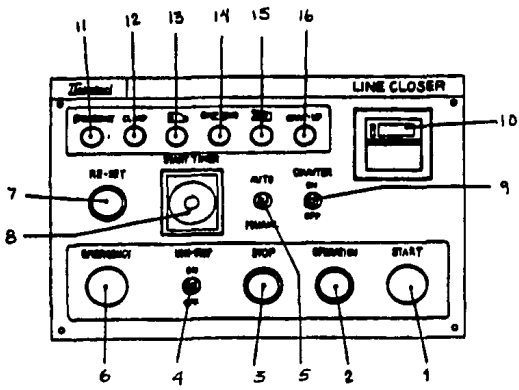
Al presionar este botón quedará energizado el circuito de operación y el motor del ventilador (MTR-2), debiéndose encender en este momento la luz designada como "built-in", indicando con esto que la máquina está lista para iniciar su operación.

(3) Botón de paro "STOP" (PB-2):

Al accionar este botón se producirá el paro instantáneo de la máquina al ser interrumpida la alimentación de corriente por completo para el motor principal y el del ventilador con excepción de la corriente del solenoide de los "clamps" que permanecerán juntos prensando la prenda.

(4) Interruptor de operación continua "NON-STOP" (SS-2):

La selección del modo de operación continua permitirá que los "clamps" pasen por cada una de las cinco etapas sin necesidad de parar en cada posición. Debido a la naturaleza de la operación, es necesario que el operador de la máquina tenga cierto nivel de experiencia para "montar" la nueva prenda a ser procesada en el "clamp" durante la operación en la primera posición de la máquina sin hacer paros.



Tablero del operador Fig.1.8

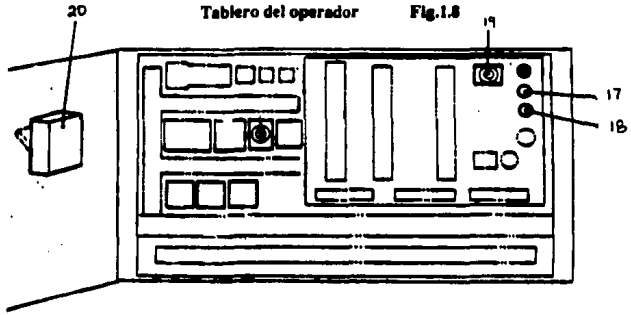


Fig.1.9 Panel de Control

(5) Switch de selección de arranque AUTO-MANUAL (SS-1):

AUTO: La operación intermitente será ejecutada durante un período de tiempo preestablecido en el temporizador o contador de arranque (T1) con el "clamp" situado en posición en cada una de las etapas del proceso.

MANUAL: Una vez oprimido el botón de arranque (PB-3), se ejecutará solamente un ciclo de la operación antes de que el "clamp" pare nuevamente en la siguiente posición.

Nota: Antes de seleccionar alguno de los dos tipos de operación anteriores se deberá verificar que el interruptor de operación continúa o non-stop (SS-2) está en "OFF".

(6) Botón de paro de emergencia (PB-4):

Este botón deberá ser presionado para cualquier tipo de emergencia. La máquina parará instantáneamente. Adicional al botón de paro de emergencia existe un interruptor de paro de emergencia (SS-4) instalado sobre el poste que soporta las bobinas de hilo que alimentan la máquina de coser. Para aplicar el paro de emergencia este interruptor deberá estar cerrado. Durante una operación normal, el interruptor deberá permanecer abierto.

(7) Botón de Reset (PB-7):

Una vez solucionados los problemas que pudieron ocasionar un paro de emergencia se deberá presionar este botón para reinicializar todos los procesos.

(8) "Timer" o temporizador de arranque (T1):

En este temporizador quedará preestablecido el tiempo que durará el paro del "clamp" en cada posición durante la operación intermitente (AUTO). Este tiempo deberá ser

establecido de acuerdo al nivel de experiencia del operador de la máquina ya que cada paro permitirá al operador ir montando en el "clamp", en la 1a. posición, los tubos de medias a ser procesados en las etapas subsecuentes (Máximo 10 segundos).

(9) Interruptor de encendido/apagado del contador ON/ OFF (SS-3):

Si el interruptor es colocado en la posición de encendido "ON", el contador preestablecido (CUT-2) será accionado. Si el interruptor es puesto en la posición de apagado "OFF", el contador preestablecido saldrá de funcionamiento.

En caso de requerirse un ajuste en la operación de la máquina el interruptor del contador deberá permanecer en la posición de "OFF".

(10) Contador preestablecido "preset counter" (CUT-2):

Al ser terminado el proceso de cada prenda estas serán retiradas de la máquina a través de un tubo de succión para ser depositadas en un recipiente destinado para ello y posteriormente ser trasladadas a su procesamiento final en la máquina de punta. A la salida de la última de las posiciones de los "clamps" éstas serán detectadas por un sensor fotoeléctrico (PR-1). De esta forma al ser sensada cada una de las piezas terminadas serán contadas. Este proceso de conteo continuará hasta que sea alcanzado en el contador el número de cuenta preestablecido, encendiéndose en este momento el indicador "count-up" (NL-1) que indicará que la cuenta ha sido terminada parándose la máquina en la posición fija. En este momento se deberá presionar el botón de "reset" del contador con el fin de regresar la cuenta a cero produciendo el apagado de la luz de "count-up" pudiéndose de este modo reiniciarse la operación de la máquina hasta que vuelva a alcanzarse nuevamente la cuenta del producto terminado.

(11) Indicador de paro de emergencia (NL-7):

Esta luz se encenderá al ser presionado el botón de paro de emergencia (PB-4) situado en el panel del operador o al ser elevado el interruptor de paro de emergencia (SS-4) situado en el poste que soporta las bobinas de hilo que alimentan la máquina de coser. En cualquiera de los dos casos se producirá el paro instantáneo de la máquina.

(12) Indicador de falla en la alimentación de los clamps (NL-6):

En caso de que los fusibles del sistema de cableado eléctrico del solenoide de los "clamps" estén dañados, este indicador se encenderá automáticamente parándose la máquina en forma instantánea. Las posibles causas para la falla podrían ser la desconexión de las bobinas solenoides del "clamp" o un corto en los circuitos eléctricos.

(13) Indicador de falla en la máquina de coser (NL-5):

En caso de existir una falla en el pie de presión de la máquina o la ruptura del hilo, se encenderá este indicador provocando el paro instantáneo de la máquina.

- **Falla en el pie de presión de la máquina de coser:** En caso de salir de posición esta pieza al momento de efectuarse la costura de la prenda, la falla será detectada por un micro switch (L-17) que encenderá este indicador y dará la señal para el paro de emergencia, debiéndose posteriormente regresar el pie de presión a su posición correcta.
- **Detector de ruptura de hilo:** Al ocurrir la ruptura del hilo de coser durante la operación, el detector de ruptura de hilo detectará el paro del mismo y producirá el paro de la máquina.

El hilo deberá ser renovado e insertado nuevamente en la máquina. Una vez colocado el hilo deberá operarse la máquina de coser por separado del resto de los procesos, con el fin de checar que su funcionamiento sea adecuado. Una vez corregidos los problemas se deberá presionar el botón de reset (PB-7) para reiniciar la operación.

(14) Indicador de falla en la apertura de los brazos de los "clamps" (NL-4):

- Los brazos del "clamp" serán abiertos de manera mecánica mediante el acoplamiento de los engranes de transmisión situados en la base del mismo (engranes planetarios) con la cremallera o engrane fijo de la base de la máquina. En caso de no embonar de manera apropiada ambos dispositivos se forzará la unión de las piezas ocasionando que la cremallera se desplace y entre en contacto con el micro-switch (L-12) colocado para la detección de este tipo de fallas. Dicho micro-switch encenderá el indicador de falla produciéndose el paro instantáneo de la máquina.

- En caso de que el "clamp" permanezca cerrado debido a extrema tensión o al mal corte de la prenda ejecutado en la etapa previa, el micro-switch de falla de apertura del "clamp" (L-18) será accionado encendiéndose en este momento el indicador de falla parándose la operación instantáneamente.

(15) Indicador de falla del regreso de las tijeras (NL-3):

En caso de que exista una falla en la operación de retracción de las tijeras y el sensor de retracción (L-10) no sea accionado antes de que se active en el tambor de control el micro-switch de definición de posición de las tijeras (L-5), este indicador será encendido deteniéndose la operación instantáneamente.

Las posibles causas para esta falla pueden ser el mal corte de la prenda durante la operación o bien que las tijeras se atoren con la prenda.

Si las tijeras paran durante la operación, éstas deberán ser regresadas en forma manual al extremo o bien se deberá presionar el botón de corte manual ubicado en el panel de control para permitir así que el micro-switch de detección de las tijeras sea accionado.

Si el micro-switch de detección de posición de las tijeras "listas" (L-15) no es accionado durante la operación de corte debido a la falla en el regreso de las tijeras puede provocar que las tijeras permanezcan fuera de su posición impidiéndose así la operación adecuada.

(16) Indicador de cuenta completa "Count Up" (NL-1):

Al alcanzarse la producción del número requerido de piezas terminadas, cantidad previamente establecida en el contador, la máquina parará en la posición fija.

(17) Indicador de refacción

(18) Botón de corte manual (PB-5):

Si las tijeras se paran durante la operación de retracción se deberá presionar este botón. De esta forma regresarán a su posición en forma manual y pararán nuevamente.

(19) Temporizador de retraso para la detección de ruptura de hilo (T3):

Con el fin de prevenir la posible detección errónea del detector de ruptura de hilo (YS) que detecte la carrera lenta del hilo durante el arranque del motor de la máquina de coser como una ruptura, la detección será mantenida por un período de tiempo preestablecido en el temporizador para la comprobación de la señal. Dos segundos en la práctica normal.

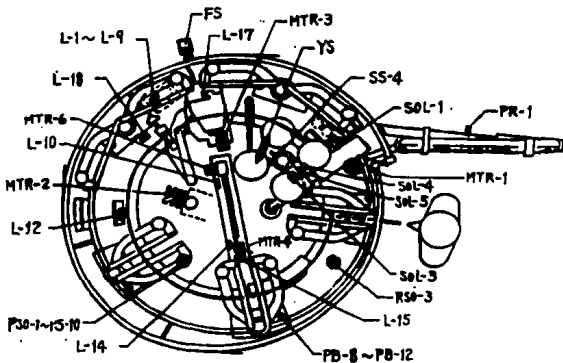
(20) Interruptor de Alimentación (NFB-1):

Al ser accionado el interruptor de alimentación, solamente los solenoides de los "clamps" serán energizados y las estaciones de los "clamps" sobre el riel eléctrico estarán en operación (posteriormente se explicará lo referente al riel eléctrico. Tema 1.4).

En caso de ser necesario parar la máquina de manera temporal, se deberá presionar únicamente el botón de paro "STOP" (PB-2). No deberá cambiarse el interruptor de alimentación a la posición de apagado ya que de lo contrario las partes superior e inferior de los "clamps" se separarán soltando la prenda. Este interruptor de alimentación sólo deberá apagarse hasta el final de la operación diaria.

1.4. Sensores, Actuadores y Motores de la Máquina

A lo largo de cada una de las etapas de la operación de la máquina redonda se han dispuesto una serie de sensores e interruptores con el fin de mantener bajo control el proceso completo operando en condiciones normales y buscando el detectar en forma oportuna cualquier mal funcionamiento en alguna de las etapas con el fin de evitar daños serios en la máquina o bien la generación de desperdicio al producirse piezas defectuosas. La localización física de estos dispositivos sobre la máquina se muestra en la Fig. 1.10.



Distribución de sensores, interruptores y motores de la máquina

Fig.1.10

SS-4 Interruptor de paro de emergencia

Se aplicará un paro de emergencia cada vez que el interruptor esté cerrado. Durante la operación normal este interruptor deberá permanecer abierto.

FS Interruptor de pedal para la máquina de coser

Este interruptor se utiliza para la operación por separado de la máquina de coser en caso de requerirse algún ajuste de la misma o a manera de prueba. Este interruptor de pedal será actuado solamente si el interruptor de paro de emergencia SS-4 está cerrado.

L-1 a L-9 Micro-switches ubicados en el tambor de levas

Referirse a la sección 1.2.3. "Tambor de levas de control".

L-10 Micro-switch de detección de la posición final de retracción de las tijeras

L-12 Micro-switch de detección del acoplamiento correcto del engrane del "clamp" con el engrane fijo de la máquina para apertura de los "clamps"

L-14 Micro-switch de detección del avance final de las tijeras

L-15 Micro-switch para la detección de la posición fija de las tijeras

L-17 Micro-switch de detección de la posición del pie de presión

L-18 Micro-switch para la detección de falla en el acoplamiento de engranes que producen la apertura de los brazos del "clamp"

PR-1 Detector fotoeléctrico para la detección y conteo de las piezas terminadas que son retiradas de la máquina

YS Detector de ruptura de hilo

PB-8 a PB-12 Botones para la separación de los "clamps"

Estos botones estarán localizados en cada una de las posiciones de los cinco "clamps". Si el botón es presionado, los brazos del clamp se "separarán" soltando la prenda. Al accionar nuevamente el botón los "clamps" se cerrarán .

SOL-1 Solenoide del "Dream" sub -air o aire para descarga de la media

Una vez actuado el micro-switch L-8 del tambor de levas, el solenoide será operado para permitir la expulsión de la prenda en la última etapa del proceso.

SOL-3 Solenoide para el suministro de aire al cortador de sobrantes en la máquina de coser

Al activarse el micro-switch L-7 en el tambor de levas, el solenoide será activado poniendo en funcionamiento el cortador de la máquina de coser.

SOL-4 Solenoide de suministro de aire para la operación de costura

Una vez arrancado el motor de la máquina de coser, será activado para el inicio de la costura de la prenda.

SOL-5 Solenoide para la elevación del pie de presión de la máquina de coser

Una vez actuado el micro-switch L-3 del tambor de levas, el solenoide se activará permitiendo la elevación o retiro del pie de presión de la máquina de coser de la prenda.

RSO-3 Solenoide rotatorio del mecanismo para retirar por succión la pieza terminada de la máquina

Una vez actuado el micro-switch L-9 del tambor de levas que dará la señal para el retiro de la prenda, el solenoide será energizado abriendo el dispositivo que succionará el producto terminado.

MTR-1 Motor principal

- Para la operación en arranque manual: El motor arrancará al ser presionado el botón de START.
- Para la operación intermitente o AUTO: El motor arrancará al final del período de tiempo preestablecido en el temporizador de arranque T1. El motor parará cada vez que el tambor de levas active el micro switch L-1 de la posición fija del clamp.
- En el caso de la operación continua o "non-stop": El motor trabajará continuamente después de ser presionado el botón de "start".

MTR-2 Motor del ventilador

Este motor arrancará al ser presionado el botón de operación PB-1 y parará al presionarse el botón de paro o "STOP" PB-2.

MTR-3 Motor de la máquina de coser

- En el caso de la operación manual, el motor arrancará al presionar el botón de START PB-3 y parará al accionarse el micro-switch L-1 del tambor de levas al presentarse la posición fija del "clamp".
- Con la operación de forma intermitente o AUTO, el motor arrancará al finalizar el tiempo preestablecido en el temporizador de arranque T1 y parará al actuarse el micro-switch L-1 del tambor de levas al presentarse la posición fija de las tijeras.

- En el modo de operación continúa o non-stop, el motor arrancará al presionarse el botón de arranque o START (PB-3).

MTR-4 Motor de desplazamiento de las tijeras

Este motor arrancará al accionarse el micro-switch L-4 del tambor de levas y parará una vez activado el micro-switch L-10 que detectará cuando las tijeras hayan terminado su desplazamiento en el extremo del "clamp".

Nota: En caso de que las tijeras se paren a mitad de la operación, se deberá presionar el botón PB-5 para corte manual y poder regresar las tijeras a su posición original y reiniciar la operación.

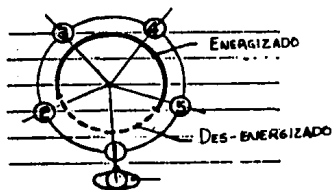
MTR-6 Motor de corte

Este motor arrancará al mismo tiempo que el motor de desplazamiento de las tijeras provocando el movimiento vertical del brazo de corte que cortará la prenda a lo largo de la línea media de corte entre ambos "clamps".

PSO-1 al PSO-10 Solenoide de apertura/cierre desplazamiento de los brazos de los "clamps"

Este solenoide permite la apertura o cierre de los brazos de los "clamps" que están sobre la parte del riel energizado (Fig. 1.11).

El riel eléctrico energizado será desenergizado solamente mediante la acción de alguno de los botones localizados en cada una de las etapas de los "clamps" (PB-8 al PB-12) con los que se podrán abrir los brazos del "clamp".



Riel de energizamiento para el desplazamiento de los "clamps"

Fig. 1.11.

1.5 Procedimiento de Arranque y Paro

Verificación previa al inicio de operación de la máquina

Antes del inicio de operaciones de la máquina deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- a) **Suministro de corriente:** Deberá ser encendido el switch de alimentación de corriente ubicado en el panel de control de la máquina (NFB-1).

- b) **Suministro de aire:** La lectura de presión de aire deberá ser de 5 g/cm², verificando además que el filtro de aire haya sido limpiado previamente.

- c) **Posición fija:**
 - Verificar que la posición fija de los clamps se cumpla para cada una de las diferentes etapas (Fig. 1.1. del tema 1.2. "Operación de la Máquina"); en las etapas 1, 2 y 3 los "clamps" deben permanecer cerrados, en tanto que en la 4 y 5 los brazos de los "clamps" deberán permanecer abiertos.
 - Verificar si la detección de la posición fija de las tijeras se sensa correctamente. Si las tijeras se encuentran en dicha posición, los micro-switches identificados como L-10 (tijeras en la posición final de retracción) y L-15 (posición de las tijeras "lista" para iniciar la operación) deberán permanecer encendidos.

- d) **Verificar el funcionamiento apropiado de la máquina de coser para evitar que la aguja o el hilo de la máquina se rompan durante la operación normal.**

e) **Contador principal:**

- **Verificar el funcionamiento del interruptor de encendido del contador (SS-3). Poner en la posición "ON" para poder iniciar la cuenta.**
- **Verificar que el número de piezas requerido sea definido en el "preset" del contador para ser contado durante la operación. Si este número permanece en cero la máquina parará. Una vez alcanzado el número de piezas preestablecido la máquina parará. Para iniciar nuevamente la operación se deberá presionar el botón de "reset" para regresar el contador a cero.**

Secuencia de arranque

Para efectuar un arranque apropiado de la máquina deberá cumplirse la siguiente secuencia de encendido de los interruptores:

1) **Selección del modo de operación :**

- **Colocar el switch de la operación continua o non-stop (SS-2) en la posición de apagado "OFF".**
- **Colocar el switch de operación intermitente o manual (AUTO/MANUAL) (SS-1) en la posición de "MANUAL".**

2) **Presionar el botón de operación (PB-1) y verificar que la luz de "built-in" (PL-1) se ha encendido.**

3) **Comprobar que todos los dispositivos de paro de emergencia permanecen en la posición de "OFF"**

4) Montaje y sujeción de los tubos de tejido elástico (piernas de la media) a los "clamps". Presionar el botón de arranque o "START" (PB-3) para iniciar la operación de la máquina.

5) Presionar el botón de "start" (PB-3) cada ciclo de trabajo de la máquina hasta que la primera prenda sea terminada y retirada de la máquina con el fin de verificar la posición adecuada de la máquina en cada una de las estaciones de los "clamps" y que la prenda ha sido cosida correctamente.

Secuencia de paro

- 1) Colocar el interruptor de AUTO/MANUAL (SS-1) en la posición MANUAL.
- 2) Verificar que los "clamps" estén en la posición fija y después presionar el botón de paro o "STOP" (PB-2).
- 3) Colocar el interruptor de alimentación de corriente (NFB-1) en la posición de "OFF".
- 4) Apagar el suministro de aire.

Nota: En caso de que el paro se haga de manera temporal se deberá presionar únicamente el botón de paro "STOP" (PB-2). De lo contrario, la interrupción en la alimentación de la corriente provocará que los "clamps" superior e inferior se separen soltando la prenda.

1.6 Problemática

La máquina Takatori de manufactura de medias o máquina redonda es una máquina cuyo funcionamiento se controla en forma electromecánica con la ayuda de un tambor de levas que al girar controla las diferentes condiciones que deben darse para el apropiado funcionamiento en cada una de las cinco operaciones que se ejecutan de manera simultánea en las cinco posiciones de las estaciones de los "clamps".

Este tambor de levas controla cada uno de los procesos de operación a través de la activación de micro-switches que son accionados al paso de las levas distribuidas a lo largo del giro del tambor estableciendo de esta forma los tiempos en que cada acción se debe dar y definiendo las condiciones que deben estar presentes en estas.

Esta lógica de relevadores a pesar de ser efectiva implica una gran complejidad para su mantenimiento y operación además de que su adecuación o modificación de acuerdo a nuevos requerimientos de operación podría implicar un riesgo en la operación al ser modificadas las condiciones originales de la máquina (por ejemplo el cambio de posición de las levas del tambor) ya que podría provocarse el desajuste en la sincronización de las operaciones ocasionando así un funcionamiento deficiente además de poder incluso producirse un daño en la maquinaria.

Por esta razón es importante el poder implantar en la maquinaria un recurso adicional que permita dar una mayor versatilidad para responder a los requerimientos de cambio de manera más simple sin que esto implique la afectación de la máquina en el desempeño de su operación .

Esta versatilidad podrá ser lograda mediante la aplicación de un controlador lógico programable (PLC) en el que, una vez definidas las condiciones normales de operación mediante un programa diseñado para el control de este proceso, podrán ser alteradas las condiciones de operación de acuerdo a los nuevos requerimientos con sólo modificar o especificar en el programa del controlador los nuevos tiempos o condiciones de operación.

Es importante hacer notar que además de la versatilidad que presenta la instalación de un PLC, también se reducen los costos de mantenimiento (mano de obra y refacciones) puesto que prácticamente, el PLC no lo requiere.

El PLC con el que contamos para implementar el programa de control de la máquina de manufactura de medias es el Telemecanique TSX 1720. Debido a las restricciones en el número de salidas disponibles en este PLC (12), fueron seleccionadas las señales que permitieran controlar el proceso. Por tal razón, las señales dispuestas en el tablero como luces de aviso no serán consideradas en el programa ya que con las señales escogidas se ocupa el 90% de las salidas disponibles.

La máquina actualmente en operación y para la cual fue diseñado el programa no contempla todos los dispositivos mencionados en la documentación debido a que algunos de estos son empleados en otros modelos de esta máquina. Tal es el caso del mecanismo de empuje hacia atrás de la prenda dispuesto antes de la operación de costura (pág. 20) que es controlado por una leva adicional en el tambor de levas (L-6) y que será activado por la acción del solenoide SOL-2.

Otras funciones de la máquina fueron omitidas por estar en desuso, como el caso del contador de piezas manufacturadas explicado en la pág. 24 (CUT-2) así como el detector fotoeléctrico PR-1 dispuesto para el sensado de las piezas y su posterior conteo.

Capítulo II

Controladores Lógicos Programables

II. Controladores lógicos Programables

2.1 Introducción

2.1.1 Definición

2.2 Historia

2.2.1 Cuadro Sinóptico de la Historia de los PLC's

2.2.2 El PLC ante las computadoras

2.3 Arquitectura básica y funciones especiales

2.3.1 Arquitectura de un PLC

2.3.2 Requerimientos básicos

2.3.3 Características principales y fabricantes

2.4 Lenguajes de programación

2.4.1 Lenguajes y sus características

2.4.2 Ciclo de un PLC

2.5 Aplicaciones de los PLC's

2.5.1 Algunas aplicaciones

2.5.2 Ventajas frente a la lógica de relevadores

2.5.3 Desventajas

2.1 Introducción

A finales de la década de los años 60 y con la optimización de las líneas de producción en serie de la Industria Automotriz, surge la necesidad de automatizar dichos procesos industriales. En ese tiempo, la introducción de equipos de control automático especializado permitía un incremento importante en la producción, pero su elevado costo sólo era afrontable por empresas de gran tamaño aún así, el nivel de automatización y la flexibilidad logradas se encontraban en nivel básico.

Como consecuencia de la necesidad de contar con un mecanismo de automatización para las líneas de ensamble de automóviles, que no necesitara de grandes cambios en la estructura física y que no tomara una gran cantidad de tiempo para su implantación, principalmente auspiciado por la General Motors Corporation, se detalla la especificación de un controlador que pudiera sustituir la lógica de relevadores empleada.

El resultado obtenido por la General Motors Corporation en conjunto con Reliance Electric, Struthers-Dunn, Modicom, Digital Equipment Corporation e Information Instruments, fue la computadora de uso especializado que ahora conocemos como "CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE" o PLC.

2.1.1 Definición de un PLC

De acuerdo al estándar NEMA (National Electrical Manufacturers Association) NEMA ICS3-1978, el PLC se define como: un dispositivo electrónico digital que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, implantando funciones de control, de temporización y aritméticas contando con entradas y salidas de tipo digital o analógico por medio de módulos y para diferentes tipos de máquinas o procesos.

A diferencia de la unidades de control numérico, que se enfocan a controlar posición, los PLC's están diseñados para controlar secuencias, y a diferencia de las computadoras, el PLC resiste el ambiente industrial. Además, al no tener partes móviles, los problemas de mantenimiento se reducen, y gracias a la fuerte competencia que existe entre los proveedores de estos equipos, los precios son muy accesibles.

Finalmente, dada su posibilidad de ser reprogramados, si la máquina controlada por el PLC es eliminada o modificada, el PLC se puede reutilizar modificando su programación.

El lenguaje utilizado principalmente para programar los PLC's está completamente basado en la lógica de relevadores, por lo que quien la maneja, puede programar un PLC con relativa facilidad.

2.2 Historia

2.2.1 Cuadro Sinóptico de la Historia de los PLC's

- 1968** Desarrollo de diseños de PLC's para General Motors eliminando el costo de modificar la lógica de relevadores en la línea de producción durante el cambio de modelos cada año.
- 1969** Fabricación de los primeros PLC's para la industria automotriz como sustituto electrónico de los relevadores.
- 1971** Desarrollo de la primera aplicación de los PLC's fuera de la industria automotriz.
- 1972** Introducción de instrucciones de conteo y temporización.
- 1973** Introducción de PLC's inteligentes, que incluyen operaciones aritméticas, matriciales, de control e intercambio de datos.
- 1974** Introducción de terminales de programación de rayos catódicos.
- 1975** Introducción del control analógico de tipo "PID" (Proporcional, integral y derivativo) que permitió realizar el control analógico por medio de transductores como son los sensores de presión, de nivel, de velocidad, etc.
- 1976** Utilización de PLC's en una configuración jerarquizada como parte de un sistema de manufactura integrado

- 1977 **Introducción al mercado de un pequeño PLC basado en la tecnología de los microprocesadores.**
- 1978 **Aceptación de los PLC's en el mercado, las ventas ascienden a los 80 millones de dólares.**
- 1979 **Integración de una planta industrial a través de una red de PLC's.**
- 1980 **Introducción de módulos de entradas/salidas de tipo analógico (entradas inteligentes) que se pueden conectar a un PLC con módulo de entradas/salidas digitales.**
- 1981 **Introducción de circuitos de comunicación, permitiendo a los PLC's comunicarse con sistemas inteligentes como computadoras, lectores de código, etc.**
- 1983 **Introducción de redes de control, permitiendo a los PLC's el acceso a cualquier entrada/salida en una nueva modalidad la "transparencia".**
- 1985 **Introducción de sistemas modulares, permitiendo la expansión requerida con la máxima flexibilidad.**
- 1988 **Introducción de mini y micro PLC's con la potencia de operación de sistemas grandes.**

2.2.2 El PLC ante las Computadoras.

Los aspectos más relevantes que marcan la diferencia entre un controlador lógico programable y una computadora, consiste en el lenguaje de programación que utilizan y el ambiente para el cual están diseñados. Un PLC está diseñado para que pueda operar en un ambiente rudo, como humedad, polvo, altas temperaturas ambientales, vibraciones, etc., circunstancias en las cuales una computadora normal no resistiría sin un equipo adicional de acondicionamiento. Aunado a esto para controlar la operación industrial, se requiere de interfaces adecuadas entre la computadora y los procesos que se pretenden controlar, y en algunas circunstancias de una instalación eléctrica adicional, en caso de que no se alimente la computadora con los voltajes que tiene la planta.

Haciendo uso de los distintos lenguajes de programación existentes en el mercado para computadores, son varios los métodos mediante los cuales se puede programar la operación combinatoria o secuencial de un PLC, sin embargo, existe el inconveniente de que estos lenguajes son desconocidos por la gran mayoría de los usuarios quienes requerían de cursos complementarios para la programación y corrección de errores. Lo anterior está en contraposición con una de las principales filosofías para que fue diseñado el PLC, nos referimos a la flexibilidad de operación y reducción del tiempo muerto de la máquina. Para la resolución de éste problema, se hace uso de un lenguaje simbólico, que se compone de un grupo de instrucciones gráficas, las mismas que se utilizan en un diagrama de contacto o escalera.

Esta forma de programación facilita la interpretación de un diagrama eléctrico, logrando en poco tiempo su introducción al PLC.

Otras alternativas de lenguajes de programación propias de los PLC's son las ecuaciones lógicas o ecuaciones booleanas, representando la misma lógica de los diagramas de escaleras, en forma alfanumérica y no gráfica.

Algunos PLC's ofrecen varios lenguajes para su programación, es decir, el PLC tiene en su versión mas primitiva un lenguaje booleano, y como equipo adicional se le adapta un cartucho con un lenguaje gráfico o de más alto nivel. Esto depende fundamentalmente de la decisión que tome el cliente al momento de adquirir su controlador y no del problema a resolver, ya que con cualesquiera de los lenguajes disponibles para los PLC's se tiene la mayoría de las soluciones a los problemas de automatización, salvo los casos en que se requiera de tarjetas especiales de entrada/salida de tipo analógico, para la medición de variables continuas, como temperatura, presión, nivel, etc., en donde se hace necesario el uso de palabras internas en el PLC, con el fin de realizar operaciones aritméticas, o de comparación o de manejo de registros de tipo LIFO, FIFO o de corrimiento. La ventaja principal del uso de un lenguaje de alto nivel, consiste en la facilidad de visualizar y modificar el programa. El cambio a un lenguaje más sofisticado, requiere en la gran mayoría de los casos de una terminal de programación más avanzada, con la posibilidad de despliegue gráfico, de un cartucho de salvaguardo de memoria y de un cartucho de lenguaje de alto nivel. La principal desventaja no radica en un aspecto técnico, sino más bien, en uno económico, ya que el costo de adquisición de éstas rebasa frecuentemente el costo de un PLC, así que para adquirir una terminal de este tipo deberá de hacerse un balance entre el costo de esta y frecuencia con la cual se modifiquen los programas, deberá considerarse que una misma terminal puede servir para todos los PLC's compatibles que se tengan en la planta industrial. Estas terminales de programación, están construidas bajo las mismas especificaciones de operación industrial que tienen los PLC's.

2.3 Arquitectura básica y funciones especiales

2.3.1 Arquitectura de un PLC

La arquitectura de un controlador lógico programable se encuentra formada por los siguientes módulos:

- a. Unidad central de proceso (en lo sucesivo CPU).
- b. Memoria (lugar donde reside el programa de aplicación y datos).
- c. Fuente de alimentación.
- d. Módulos de entrada/salida.
- e. Terminal de programación.
- f. Módulo de comunicación (opcional).

a. **La unidad central de proceso**

El CPU es un microprocesador y/o microcontrolador que se encarga de leer de manera ordenada las instrucciones del programa, y que en conjunto con el estado en el que se encuentren las señales de entrada, define los estados para las señales de salida.

Las funciones de un CPU se resumen a continuación:

- Leer o escribir en memoria.
- Probar el estado de las entradas y definir el estado de las salidas.
- Efectuar operaciones lógicas y aritméticas.

b. **Memoria**

La memoria es la zona de almacenamiento para los datos binarios y para las instrucciones de los programas. Generalmente el programa de aplicación al ser desarrollado se

almacena en un cartucho de memoria EPROM (es memoria externa), el cual se carga en memoria principal (RAM), en el momento de encender el PLC.

c. Fuente de alimentación

La fuente de poder es la encargada de convertir la entrada que se le suministra al PLC, en los voltajes necesarios para los circuitos de los otros módulos del sistema, así como de controlar el nivel de voltaje para protegerse de picos de voltaje que podrían dañar a los demás módulos.

d. Módulos de entrada y salida

Los módulos de entrada le permiten al CPU monitorear el estado de los sensores asociados a los mismos. El estado que puede tener una entrada es binario, "0" ó "1" salvo en el caso que se trate de un módulo de entradas analógicas. Los módulos de salida le permiten al PLC actuar sobre los actuadores. El CPU actualiza periódicamente el estado de las salida en función a lo programado.

d1. Módulos de entrada y salida de tipo binario

Los módulos de entradas y salidas de tipo binario forman parte de la arquitectura original de un PLC, ya que generalmente se encuentran en el mismo módulo con la fuente de poder y el CPU, salvo donde el usuario puede escoger la configuración de su PLC, ya que dispone de un conjunto de puertos de extensión en donde puede conectar cualquier tipo de tarjeta que requiera su aplicación. Los módulos de entrada binaria recogen las señales provenientes de los sensores conectados a ellas, y estas entradas son leídas periódicamente por el CPU. Los módulos de entrada binaria están generalmente aislados electrónicamente mediante opto-acopladores.

Los módulos de salida binaria envían una señal de 'apertura' o 'cierre' de algún contacto, transistor o triac según la aplicación y la preferencia del usuario.

d2. Módulos de entrada y salida de tipo analógico

Existen muchos procesos en los que las variables son de tipo analógico, (temperatura, presión, flujo, etc.), es por esto, que muchos fabricantes de PLC'S han adaptado módulos de extensión de tipo analógico, para aumentar la potencialidad de estos aparatos, y poder programar los algoritmos necesarios en el control de procesos.

Los sistemas digitales realizan todas sus operaciones internas en binario. Cualquier información que vaya a introducirse en un sistema digital debe ponerse en esta forma antes de que pueda ser procesado por los circuitos digitales, por otro lado las salidas de un sistema digital deben convertirse con frecuencia en formas diferentes según para lo que se vayan a utilizar. Para poder lograr esto las entradas analógicas se transforman en voltajes proporcionales, y son enviados a un convertidor de señal analógica a digital, el cual convierte la cantidad analógica en una representación digital correspondiente. De igual forma para las salidas analógicas se hace uso de un convertidor de señal digital a analógica.

e. Terminal de programación

La terminal de programación es desconectable ya que solamente es necesaria para el desarrollo y modificaciones de los programas. la terminal puede ser utilizadas por todos los PLC's compatibles, es decir, no es necesario comprar una terminal para cada PLC.

f. Módulos de comunicación

Muchos sistemas productivos están compuestos por varios subsistemas como: líneas de transferencia, ensamble, inyección, etc. Es decir, el número de variables que entran en juego en el proceso es muy grande. Cuando se requiere automatizar este tipo de procesos, se tiene la opción de manejar un PLC de tamaño grande, en el que puedan entrar todas las condiciones y acciones del procesos, y manejar un solo programa de aplicación para este.

El problema consiste principalmente en que la información se encuentra centralizada, y sería necesario realizar un programa sumamente complejo considerando demasiadas condiciones para su ejecución. La otra opción que se puede manejar convenientemente es la de automatizar el proceso mediante una red de PLC's comunicados entre sí, es decir, dividir el proceso en varios subprocesos, cada uno de ellos manejados por un PLC y todos conectados entre sí.

Esta comunicación de PLC's se logra mediante los módulos adecuados, quienes aseguran la transmisión y recepción de los datos siempre y cuando se maneje el mismo protocolo de comunicación (velocidad de transmisión, paridad, formato, bits de stop, etc.).

Otras aplicaciones importantes de los módulos de comunicación es el enlace con periféricos auxiliares como impresoras, terminales, etc.

2.3.2 Requerimientos básicos

Los requerimientos básicos que la General Motors definió para la implantación de un PLC, se resumen en la siguiente tabla:

- a) La estructura física de un PLC debe permitir que sea programado o reprogramado fácil y rápidamente, permitiéndole adaptarse a los cambios en los equipos que controla de forma que no exista interrupción larga en la operación.
- b) El PLC debe poder operar en ambientes industriales y todos sus componentes debe ser resistentes a las condiciones generadas por dichos ambientes, todo esto, sin necesidad de equipo especial.
- c) El equipo debe contar con indicadores que permitan determinar su estado, además de ser fácilmente reparable con un mantenimiento mínimo. Todo esto, con el fin de evitar el paro en un proceso por un espacio de tiempo amplio.
- d) Estos controladores deben estar diseñados para consumir una menor energía y un mínimo de espacio en relación a los sistemas de relevadores anteriores, además de no demandar una cuantiosa inversión en instalación.
- e) El controlador deberá poder comunicarse con otros controladores, así como con algún dispositivo central de recolección de datos, a fin de que el proceso sea monitoreable.
- f) El sistema deberá permitir una alimentación estándar.

- g) El PLC deberá tener una estructura modular, siendo fácilmente expandible a su máxima configuración en el menor tiempo posible.
- h) La totalidad del sistema basado en el PLC, deberá ser competitivo en costos de adquisición, instalación y operación, en relación con los sistemas de lógica de relevadores en uso.
- i) La memoria utilizada deberá ser expandible por lo menos a 4 kb de instrucciones.

En la actualidad, prácticamente todos los fabricantes del PLC's sobrepasan con mucho la anterior definición y han sido incluidas diferentes funciones que facilitan la programación, les dan posibilidades de expansión o de monitoreo y permiten que los PLC's sean prácticamente indispensables en la automatización de los procesos industriales.

2.3.3 Características principales y fabricantes

De acuerdo a las características de los PLC's disponibles en la actualidad en el mercado, es posible detallar una serie de características que permitan una selección del más adecuado, dependiendo de factores como: el proceso a automatizar, la complejidad del equipo a controlar, necesidad de interconexión, necesidad de monitoreo, etc.

Así pues, es conveniente revisar las especificaciones en cuanto a los puntos siguientes:

- a) **Número máximo de puertos de entrada/salida (I/O) analógicos y digitales.**
- b) **Número de procesadores y/o coprocesadores.**
- c) **Velocidad de proceso y de lectura de los puertos de entrada y salida.**
- d) **Capacidad y tipo de memoria para el almacenamiento de programas (RAM interna, EPROM y EEPROM).**
- e) **Capacidad en el intervalo (span) de los temporizadores, así como capacidad de los contadores, monoestables.**
- f) **Posibilidades de interconexión y módulos conectables como: unidades estándar de entrada/salida, unidades analógicas de entrada/salida, temporizadores externos y módulos posicionadores.**
- g) **Posibilidades de acoplamiento en red local de PLC's y computadoras.**
- h) **Diferentes aparatos de programación y de monitoreo conectables.**

Otras características más generales pero de igual forma importantes, son por ejemplo:

- a) **Temperatura ambiental de operación**
- b) **Humedad ambiental de operación**
- c) **Resistencia a la vibración**

- d) Resistencia al impacto
- e) Especificaciones eléctricas, voltaje, corriente, carga tierra, etc.

Los principales fabricantes de estos dispositivos en la actualidad son reconocidas empresas, como:

- Allen-Bradley
- Siemens
- Mitsubishi
- Texas Instruments
- Telemecanique

2.4 Lenguajes de Programación

2.4.1 Lenguajes y sus características

Los controladores lógicos, se pueden programar en dos diferentes lenguajes gráficos: el escalera o ladder y el grafset.

Lenguaje de Escalera

El escalera, es un lenguaje que comprende todos los elementos necesarios para programar un diagrama de red de contactos. Estos elementos son: contacto abierto, contacto cerrado, tambor de levas, etc.

Los programas escritos en el lenguaje de escalera consisten en una serie de redes de contacto. Cada red de contacto está formada por líneas, cada línea puede tener varias entradas y una salida, o una combinación de entradas, salidas y funciones. Se permiten todo tipo de conexiones entre las líneas de la red de contacto. Los elementos principales en este lenguaje son:

- Entradas:** Son aquellas que prueban el estado de los bits de entrada, asociados a los puertos de entrada del PLC: botones, interruptores, detectores, etc.
- Salidas:** Son aquellas que controlan el estado de las unidades de salida conectadas al controlador: relevadores, válvulas solenoides, arrancadores de motores, leds de estado, etc.
- Funciones:** Son aquellas que se utilizan para programar ciertas operaciones funcionales, como relojes, contadores, monestables, tambores, etc.
- Operaciones:** Son aquellas que son utilizadas para programar operaciones aritméticas (+, -, *, /), operaciones lógicas (AND, OR, NOT), operaciones de

comparación y conversión de palabras, así como operaciones de transferencia entre bits y palabras.

Actualmente los controladores lógicos programables, están diseñados para poder incrementar fácilmente su capacidad de direccionamiento externo, es decir, cuentan con una dirección base, más la posibilidad de agregar módulos o tarjetas adicionales para expandir sus entradas y/o salidas. Los PLC's son máquinas digitales que procesan la información en forma de bits y palabras, es posible transferir un grupo de bits a una palabra y viceversa.

Lenguaje de diagrama grafset

También conocido como gráfica de funciones secuenciales, es un método gráfico que representa el sistema de control de un proceso automatizado en una secuencia de pasos, acciones, y transiciones. Un programa grafset se introduce en la terminal en dos etapas:

1. Los pasos, transiciones y ligas directas del diagrama grafset son introducidos utilizando las teclas de la terminal en el modo de programación. Un programa grafset completo puede consistir de varias páginas, cada una formada por una matriz de líneas y columnas de pasos.

2. Las condiciones de transición y las acciones asociadas con los pasos son introducidas en el lenguaje de escalera.

Cada paso representa un comando o acción que está activo o inactivo (1 ó 0). El flujo del control pasa de un paso al próximo a través de una transición condicional que es verdadera o falsa (1 ó 0). Si la transición condicional es verdadera, el control pasa del primer paso,

que se convierte en ese momento en inactivo, al próximo paso, que se convierte en activo, y así sucesivamente.

Cada función de control, en cualquier nivel, puede representarse por un grupo de pasos y transiciones, llamado diagrama de función, este diagrama puede entonces ser interconectado en la secuencia requerida mediante conexiones directas mostrando el flujo de control, así hasta formar un diagrama completo grafcet.

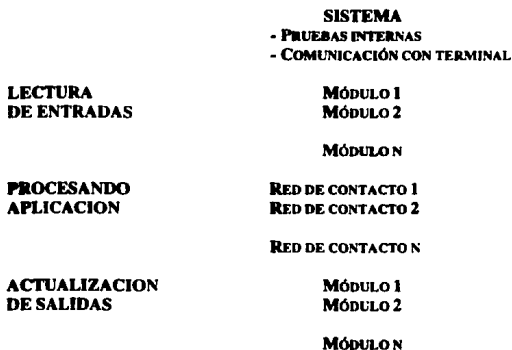
El método grafcet reconocido como un estándar industrial (NF C03-190), está incrementando su demanda en la industria por sus ventajas obvias:

1. Reduce el riesgo de errores e inconsistencias debido a su parecido con el análisis de control de sistemas.
2. Facilita el entendimiento de los diagramas a ingenieros de diseño, programadores y personal de mantenimiento.
3. Facilita el mantenimiento y reparación mediante la localización inmediata de fallas y malos funcionamientos en los sistemas de control.
4. De ser necesario, los diagramas de funciones individuales pueden ser modificados como se requiera sin afectar el resto de la estructura.
5. Las acciones y condiciones asociadas a los pasos y transiciones se pueden escribir en cualquier lenguaje de programación familiar, por ejemplo el diagrama de escalera.

2.4.2 Ciclo de un PLC

Un ciclo de barrido es la lectura secuencial de cada una de las redes de contacto que forman a un programa. En el inicio de cada ciclo de barrido, el CPU detecta si regresó la alimentación (después de una falla de poder), desarrolla las pruebas propias (de memoria, de cartuchos del usuario y de módulos de entrada/salida) y acepta comunicarse con la terminal (de estar conectada), antes de leer las entradas.

La lectura de las entradas, el procesamiento de la lógica del programa, y la actualización de las salidas constituyen la tarea principal.



Quando se leen las entradas, el procesador lee el estado de los bits de entrada en los módulos de entrada y los almacena en la tabla de memoria llamada "input image". Entonces el programa se recorre secuencialmente desde el inicio hasta el final, red por red, en el orden en que las redes se capturaron. Durante el recorrido de cada red, el procesador lee los estados de entrada de la red en la tabla de memoria "input image" y

entonces graba los estados de salida resultantes de la red en la tabla de memoria "output image". Al finalizar cada ciclo de recorrido, el procesador actualiza las salidas transmitiendo los estados almacenados en la tabla "output image" a los módulos de salida a través del canal de entrada/salida.

Si una salida es manipulada en diferentes puntos del programa, el estado transmitido al módulo de salida será el último estado almacenado en la tabla "output image". Para evitar la posibilidad de errores, los programas deberán diseñarse de forma que cada salida sea controlada solamente en un punto durante el ciclo de recorrido.

"Watchdog"

Esta función sirve para incrementar la seguridad en el funcionamiento de los controladores. El "watchdog" supervisa el tiempo de recorrido de cada ciclo. Si el tiempo de recorrido excede un valor predefinido no modificable, enciende una alarma la cual cambia el estado del controlador de "ejecución" a "espera".

La terminal puede conectarse en el modo de diagnóstico para determinar el tipo de falla. La información de la falla se puede transmitir a la consola de operación del sistema automatizado a través del contacto de alarma que está instalado generalmente en el módulo de la fuente de poder del controlador.

Este contacto se cierra cuando el controlador está corriendo normalmente "ejecución" y cuando la fuente de poder está funcionando correctamente. Si estas condiciones no se cumplen, el contacto se abre.

2.5 Aplicaciones de los PLC's

2.5.1 Algunas aplicaciones

Arquitectura de un sistema de control.

Los sistemas automatizados comprenden dos partes la operativa y la de control.

- **Operativa:** Es la encargada de operar los accionadores que actúan sobre el proceso automatizado.
- **Control:** Es la encargada de coordinar las acciones de la parte operativa.

La parte operativa es la que actúa sobre la máquina y el producto. En general comprende:

- **Herramienta y medios diversos:** Utilizados en el proceso de elaboración, por ejemplo, moldes, herramienta para estampado y corte, bombas y cabezas de soldadura y de marcado, etc.
- **Accionadores:** Destinados a mover el proceso automatizado, como por ejemplo: un motor eléctrico para accionar una bomba, un cilindro hidráulico para cerrar una compuerta, un cilindro neumático para mover una cabeza de marcado, etc.

La parte de control es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales en retorno para coordinar sus acciones. El tratamiento de la parte de control es la convergencia de tres diálogos:

Con la máquina: Manejo de los accionadores (motores, cilindros) a través de los pre-accionadores (Contactor, variador de velocidad) y la adquisición de las señales en retorno por los captadores que informa de la evolución de la máquina.

Hombre-Máquina: Para explotar, ajustar y reparar la máquina. El personal emite consignas y recibe información de retorno.

Con otras máquinas: Varias máquinas pueden cooperar en una misma producción. Su coordinación está garantizada por el diálogo entre cada parte de control.

En la parte de control se define el tratamiento que se le dará a la información que se recibe proveniente de los sensores y emite órdenes hacia los accionadores. Existen tres tecnologías de accionadores que se complementan para responder a las variadas necesidades de las máquinas, éstas se mencionan a continuación:

- **Eléctricos:** Utilizan directamente la energía eléctrica distribuida en las máquinas y toman diferentes formas: motores de velocidad constante o variable, resistencias de calentamiento, electroimanes, cabezas de soldadura por resistencia, cabezas de corte láser, etc.
- **Neumáticos:** Estos accionadores utilizan directamente el aire comprimido distribuido en las máquinas. Su utilización es sencilla y son variadas, los cilindros neumáticos se utilizan para numerosos movimientos como: marcados, aprietes, ensamblajes, moldeados, etc.
- **Hidráulicos:** Son cilindros o motores, solo se ocupan cuando los esfuerzos a desarrollar son grandes y pesados (prensas, etc.) o cuando las velocidades lentas se deben controlar con precisión (avance de herramienta de corte).

La información en retorno que se recibe de la máquina proviene de sensores. Las magnitudes que manejan estos son muy variadas: posición, velocidad, aceleración, presión, nivel, flujo, temperatura, luz, fuerza, masa resistencia, magnetismo, etc. Los más utilizados son los sensores de posición los cuales pueden ser binarios o analógicos.

- **Sensores de posición de tipo binario:**
Existe una gama muy amplia de éste tipo de sensores, clasificándolos en:
- **Sensor por contacto:**
Conmuta cuando el objeto a detectar acciona físicamente el elemento del sensor. Su conmutación se realiza por cierre o apertura de un contacto electromecánico.
- **Detector de proximidad:**
No existe contacto físico con el objeto a detectar: un sensor 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 sensores de efecto capacitivo.
- **Detector de distancia:**
Un rayo luminoso se interrumpe por el objeto a detectar. Un fotorreceptor traduce esta presencia en una señal eléctrica.
- **Sensores de posición de tipo analógico:**
La posición de objeto se traduce en señales numéricas en uno o varios conductores, por ejemplo asociando a los desplazamientos del objeto, la rotación de un disco ranurado en varias pistas y traduciendo el número de pulsos emitidos con una distancia lineal recorrida.

2.5.2 Ventajas frente a la lógica de relevadores

Una parte importante de los sistemas de control industriales pueden ser implementados empleando componentes lógicos individuales y relevadores. Pero el empleo de PLC's puede ofrecer en una gran parte de estos casos importantes ventajas que no deben de ser ignoradas por los ingenieros que automatizan procesos.

Flexibilidad

La ventaja más importante del controlador lógico programable con respecto a la lógica de relevadores es la facilidad con la que el diseño lógico puede ser cambiado. En cualquier momento que sean requeridos cambios al modelo, el programa puede ser adaptado en cuestión de minutos sin que esto represente un retraso importante en la producción, no es necesario desconectar o desmontar componentes y es en cierta forma similar a la comparación entre cambios de Hardware y Software.

Rapidez de Implantación

Otra ventaja importante es la facilidad y rapidez en la implantación, esto se traduce en un menor tiempo dedicado a la conexión y diseño de redes de relevadores que controlen un proceso, el PLC puede emplearse tratándose de un sistema que opera ya en forma continua y busca eficientarse, o un sistema aún en proceso de implementación y que tendrá una etapa de diseño en donde pueda ser fácilmente incluido el PLC.

Confiabilidad y facilidad en el Mantenimiento

Es bien conocido el impacto que tiene en un proceso de producción el paro de una máquina, en este sentido puede de igual forma ser una causa de falla el sistema de control. Los PLC's minimizan ese riesgo debido a su falta de partes móviles a diferencia de los circuitos con lógica de relevadores, además estos dispositivos han sido diseñados

específicamente para su operación en sitios industriales que podrían ser considerados 'hostiles' para una computadora u otros dispositivos menos especializados.

2.5.3 Desventajas de los PLC's

En contraparte con toda las ventajas que proveen los PLC's , existen algunos puntos en contra que es necesario tomar en cuenta, la flexibilidad de estos dispositivos y su facilidad de programación hacen catastróficos los errores de programación. Además cuando un sistema es es tan sencillo de cambiar, los cambios pueden afectar directamente a partes que no se buscaba modificar. Otro punto a consideración es la necesidad de un control que permita **desenergizar** en forma permanente las salidas del PLC esto con el fin de que cualquier falla en el ciclo, programa etc. pueda ser controlable externamente, este tipo de control se recomienda que sea un interruptor mecánico convencional.

Otro problema que puede causar alteraciones en el funcionamiento de controladores lógicos programables son las fallas de energía (no necesariamente Interrupciones) que pueden viciar de alguna forma el software y hacer que este realice acciones que no sean las programadas, esto se soluciona cargando nuevamente el programa en la memoria del PLC.

Una desventaja importante de la lógica electrónica con respecto a la lógica de relevadores, es referente a los niveles de potencia que es posible manejar. Las salidas de un PLC tienen una capacidad limitada y será necesario manejar relevadores para poder controlar dispositivos de alta potencia como es el caso de motores, cabe señalar que la etapa de control no incluye los relevadores ya que estos tienen una función de acoplamiento exclusivamente.

Con todo lo anterior, estos puntos antes mencionados se ven opacados por las grandes ventajas que presentan estos dispositivos, siendo una de las mejores alternativas para la automatización de procesos.

Capítulo III

El PLC de Telemecanique TSX 1720

III. El PLC de Telemecanique TSX 17-20

3.1 Características principales

3.2 Arquitectura

3.3 Lenguajes de programación

3.3.1 Lenguaje de Escalera

3.3.2 Lenguaje Grafcet

3.1 Características principales

Los micro PLC's TSX 17-20 tienen una arquitectura modular y pueden programarse en dos lenguajes diferentes:

- Aplicaciones Rápidas. El PLC TSX 1720 con lenguaje PL7-1:

Permite entradas disparadas por eventos, contador rápido y una tarea rápida, que permite la lectura de 8 entradas discretas y la actualización de 8 salidas discretas. La tarea rápida está diseñada para procesar interrupciones disparadas por evento cortas o repetitivas.

Aplicaciones Inteligentes. El PLC TSX 1720 con Software PL7-2:

Comprende 2 lenguajes gráficos: El de Escalera y el Grafcet. Permite, además de las funciones vistas, operaciones con palabras, aritmética de 16 bits, reloj en tiempo real y módulos analógicos de entrada / salida.

Estos PLC's se pueden programar de diversas formas. Se puede escoger entre una terminal de bolsillo, una portátil con pantalla LCD, una portátil de CRT ó una PC compatible.

Tienen rutinas de auto-prueba capaces de detectar la mayoría de las fallas internas y errores del operador que pudieran ocurrir durante el encendido, operación normal y mantenimiento de un sistema automatizado, ya sea del microprograma y memorias RAM ó de las entradas y salidas.

La figura 3.1 muestra los elementos de que se compone el PLC TSX 17-20:

- 1) Una fuente de alimentación de 110 / 240 VAC
- 2) Una unidad de procesamiento con puerto para programación y pantalla de estado (status display), localizada en (12).
- 3) Una memoria RAM interna de 24 KBytes (y 2KBytes de datos en lenguaje PL7-2) que

- se pueden respaldar con una batería localizada en (3).
- 4) Socket para un cartucho de memoria EEPROM ó EPROM para almacenar programas del usuario.
 - 5) Socket para un cartucho de software de PL7-2. Se requiere este cartucho opcional si se quiere programar en lenguaje PL7-2. Para conectar la terminal TSX T407 al puerto de programación del TSX17, también se requiere una unidad de adaptación de línea TSX 17ACC7.
 - 6) 34 entradas / salidas discretas (22 entradas aisladas y 12 salidas por relevador) con indicación a través de una pantalla (display) frontal. La entrada típica de 24 V, aislada por medio de un optoacoplador, así como la salida típica por relevador con corriente de carga máxima de 700 mA, se muestran en la figura 3.2. El resultado de las auto - pruebas que se ejecutan continuamente se despliega en el panel frontal compuesto por 4 indicadores tipo LED. (Ver figura 3.3)
 - 7) Un conector para extensión de entrada/salida de nueve contactos (pins).
 - 8) Dos bloques de terminales removibles con terminales de tornillo imperdible.

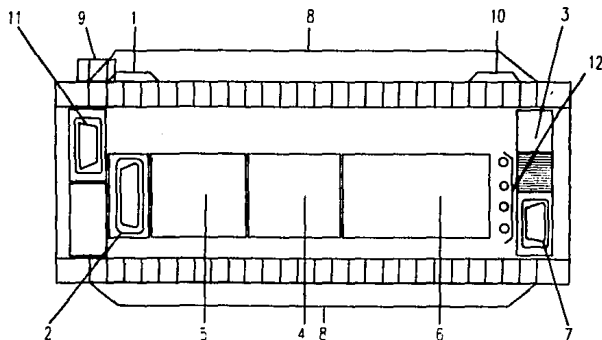


Figura 3.1 Diagrama del PLC TSX 17-20

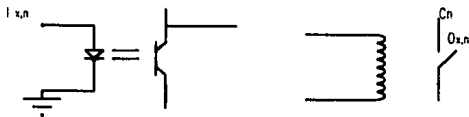


Figura 3.2 Entrada y Salida del PLC, respectivamente.

9) Terminal de Tierra

10) Dos entradas disparadas por evento (24 VDC).

11) Un contador / temporizador rápido de 2 KHz con entradas de contador y de restablecimiento

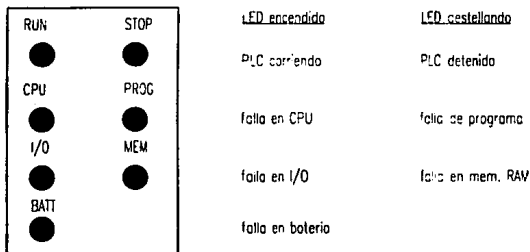


Figura 3.3 Pantalla de Estado del PLC

El TSX 17-20 puede procesar bits o palabras en forma combinacional y secuencial. El usuario puede programar 24 Kb de RAM interna, con una estructura de dos tareas (tarea principal y tarea rápida y con un tiempo de ejecución de 3 ms para 1 Kb. Para ello cuenta

con :

- Variables internas:

~ Bits de entrada y bits de salida. $I_{x,y,z}$ y $O_{x,y,z}$, respectivamente. Representan el estado de las entradas y de las salidas.

~ 256 bits internos, B0 a B255, los cuales pueden utilizarse para almacenar el resultado de ecuaciones durante la ejecución del programa. - Los bits de entrada ó salida no utilizados no pueden ser usados como bits internos-

~ 24 bits de sistema, SY0 a SY 23. Indican el estado interno de operación del controlador

~ Bits de salida de las funciones, Ti,D , Mi,R , Ci,P. Salida de los bloques de función. Pueden controlar una salida ó ser probados por un contacto como cualquier otro bit.

~ Bits extraídos de palabras. $W_{i,j}$ es un bit extraído de una palabra interna, donde i es el número de palabra interna y j el número del bit en la palabra. $SW_{i,j}$ es un bit extraído de una palabra del sistema.

~ Palabras internas W_i . Se usan para almacenar datos codificados en decimal, hexadecimal, mensaje, etc., con el fin de permitir comparaciones ó transferencias con otras palabras ó registros.

~ Palabras constantes CW_i . Almacenan valores constantes ó mensajes alfanuméricos.

~ 64 palabras de sistema. Sólo se usan cuando el controlador se conecta a una red de comunicaciones.

El valor de las palabras se codifica en sistema decimal, aunque existe la posibilidad de codificarlo en binario ó hexadecimal.

~ Palabras Función. Se utilizan como registros en una función. Los valores de preset ($*i,P$) son registros de lectura y escritura. Los valores actuales ($*i,V$) son de sólo lectura.

~ 96 pasos de Grafcet

- Bloques de función:

32 temporizadores, 8 monoestables, 31 contadores, 1 contador / temporizador rápido de 2 KHz, 4 registros, 8 tambores de control (drum controllers), 8 bloques de texto y controladores de hora y fecha (en número ilimitado).

- Funciones numéricas:

Aritméticas, lógicas, de conversión, bloques de corrimiento y transferencia (en número ilimitado) y bloques de comparación.

3.2 Arquitectura.

La arquitectura del TSX es modular, de manera que el usuario tiene la facilidad de armar el sistema que mejor le convenga. De esta forma, se elige el procesador central, el tipo de memoria (EPROM, EEPROM), el número de entradas / salidas, la terminal de programación a usar, etc.

Usando el lenguaje PL7-2, y con un adaptador, el TSX 17-20 puede comunicarse con otros dispositivos de control programable de Telemecanique, a través de la línea común (Bus).

La línea común consiste de un par trenzado doble de hasta 1000 metros, el cual puede recibir hasta 28 estaciones. En el modo punto-a-punto, también permite la comunicación con productos de otros fabricantes, como supervisores industriales y computadoras.

Asimismo, usando el lenguaje PL7-2 el TSX 17-20 puede, adicionalmente:

- Manejar bloques de extensión de entrada / salida: 8 entradas de 24 VDC o 110 VAC, 6 salidas por relevisor ó triac y 6 salidas por transistor con protección de 0.35 A.
- Manejar 4 bloques de extensión de entradas analógicas de +/- 10 V ó de 4 mA; 2 entradas analógicas de +/- 10 V ó de 4 - 20 mA; un módulo adaptador de bus.
- Configurarse hasta con 1 micro-PLC básico + 3 bloques de extensión (discretas o analógicas) + 1 módulo adaptador para comunicaciones.

El micro PLC básico (módulo 0) se puede expandir con 3 bloques ó módulos en cualquier orden.

Al último bloque ó módulo se le debe acoplar un adaptador de fin de línea.

3.3 Lenguajes de Programación.

Equipado con el cartucho de software PL7-2, el micro PLC TSX 17-20 puede ser programado en dos lenguajes enteramente gráficos: diagrama de escalera y tabla Grafcet.

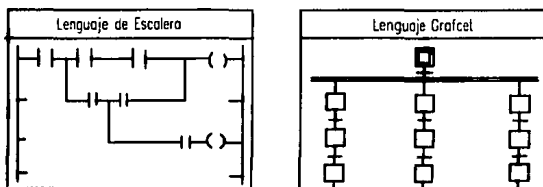


Figura 3.4 Lenguajes del software PL7-2

3.3.1 Lenguaje de Escalera

Los programas en lenguaje de escalera se componen de una sucesión de redes de contactos, divididas en dos zonas: la zona de prueba, formada por las primeras 9 columnas; y la zona de acción, formada por las columnas 8 a 10. Las columnas 8 y 9 pueden ser parte de cualquier zona. En la zona de prueba se programan los símbolos de prueba, funciones y comparaciones, mientras que en la zona de acción se programan los símbolos de acción y las operaciones.

Los elementos sujetos a ser programados en una red de contactos son, a saber:

SIMBOLOS DE PRUEBA		
NOMBRE	SIMBOLO	DESCRIPCION
Liga horizontal	—	Une elementos de programa en serie
Liga vertical		Liga elementos de programa en paralelo
Contacto normalmente abierto	— —	Conduce cuando su señal de control está en Edo. 1
Contacto normalmente cerrado	— /—	Conduce cuando su señal de control está en Edo. 0

SIMBOLOS DE ACCION		
NOMBRE	SIMBOLO	DESCRIPCION
Bobina directa	()	Activada cuando su señal de control está en Edo 1
Bobina inversa	(/)	Desactivada si su señal de control está en Edo 1
Bobina "set"	(S)	Fija el Edo. de un bit a 1
Bobina "reset"	(R)	Fija el Edo. de un bit a 0
Bobina "jump"	(j)	Interrumpe la acción de la red actual y el control salta a la red señalada por la etiqueta. Máximo 42.

Cada red se debe etiquetar con un número del 1 al 999, pudiéndose **agregar un comentario** y consiste de:

- Hasta 4 líneas de 9 contactos de entrada, máximo.
- 4 bobinas de salida, máximo.
- Aparte de los contactos y las bobinas, el lenguaje de escalera incluye bloques de función, de comparación y de operación.

Dentro de una red de contactos, el barrido de los elementos que la componen, se realiza

columna por columna (de arriba hacia abajo) y en segundo término, de izquierda a derecha. Los bloques mencionados se ejecutan tan pronto como el barrido alcanza su esquina superior izquierda. De acuerdo con este orden, la figura 3.5 muestra la forma en que serían barridos los elementos.

Las redes se ejecutan en el orden en que son introducidas a la memoria, sin importar su número de etiqueta.

Un ciclo de barrido es la lectura secuencial de cada una de las redes de contacto que forman un programa. En el inicio de cada ciclo de barrido, el CPU detecta si regresó la alimentación (después de una falla en la misma), ejecuta las auto-pruebas (de memoria, de cartuchos del usuario y de módulos de entrada / salida) y acepta comunicarse con la terminal (si estuviere conectada), antes de leer las entradas. Ver figura 3.6.

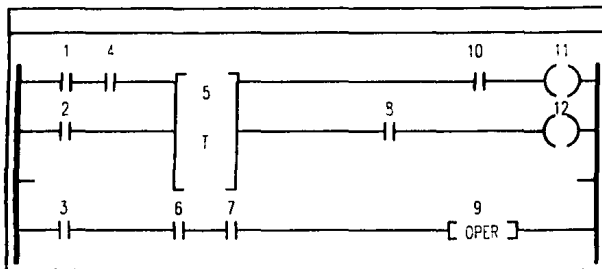


Figura 3.5. Orden de barrido de los elementos de una red de contactos.

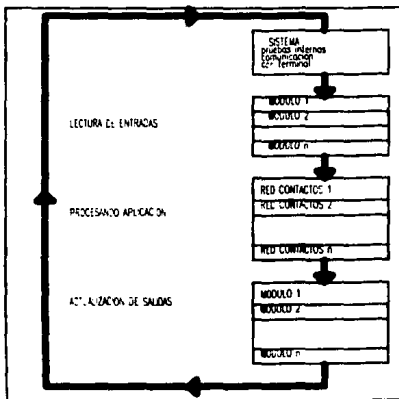



Figura 3.6 Ciclo de barrido.

3.3.1.1 Bloques de Función

Los bloques de Función son programados de fábrica y es por eso que su cantidad es limitada, como ya se mencionó en otro apartado. Estos deberán estar escritos en las primeras nueve columnas de la red, es decir, la ZONA DE PRUEBA. Los tipos de función son:

Temporizador ("Timer")


Esta función permite controlar acciones después de cierto tiempo de retraso. Los elementos asociados al temporizador son:

ELEMENTO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Número de Temporizador	T	32 temporizadores numerados del T0 al T31
Base de Tiempo	TB	Puede ser de 1 min (default), 1 s, 100 ms ó 10 ms
Valor Preestablecido	T,P	$0 < T,P < 9999$. Palabra que determina el tiempo a contar. Puede leerse y actualizarse. Default = 9999
Valor Actual	T,V	Palabra que se decrementa a partir de T,P hasta 0, mientras el temporizador esté corriendo. Puede leerse, NO actualizarse
Autorización o Modificador	MODF	Si (default), No
Entrada de Habilitación	E	Cuando cambia de 1 a 0 hace que T,V = T,P
Entrada de Control	C	Cuando cambia de 1 a 0, congela el valor actual T,V
Salida de Terminación	D	Cuando T,V = 0 el bit de esta salida T,D = 1
Salida "Corriendo"	R	Cuando el temporizador está corriendo, T,P > T,V > 0 y T,C = 1
Símbolo de Programa		

Monoestable.

La Función de Monoestable permite generar un pulso de cierta duración. Se define por programa si la duración del pulso es modificable. Los elementos asociados al


Monoestable son:

ELEMENTO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Número de Monoestable	M	8 Monoestables numerados del M0 a M7
Base de Tiempo	TB	Puede ser de 1 min (default), 1 s, 100 ms ó 10 ms
Valor Preestablecido	M,P	$0 < M,P < 9999$. Palabra que determina la duración de pulso. Puede leerse y actualizarse. Default = 9999
Valor Actual	M,V	Palabra que se decrementa a partir de M,P hasta 0. Puede leerse, NO actualizarse
Autorización o Modificador	MODF	Si (default), No
Entrada de Inicia	S	Cuando cambia de 0 a 1 hace que M,V = M,P
Salida Corriendo	R	La salida M,R = 1 mientras la salida M,V se está decrementando. Si M,V = 0 ó si M,P = M,V entonces M,R = 0
Símbolo de Programa		

Contador Ascendente / Descendente.

Esta función permite controlar eventos en base a un tiempo definido. Si la entrada preset


entrada preset está en 1 y la entrada reset está en 0, el valor actual Ci,V adquiere el valor preset Ci,P. La entrada RESET tiene prioridad; tan pronto adquiere el valor 1, el Ci,V es forzado a 0. Ante un cambio de 0 a 1 en la entrada U, el Ci,V es incrementado en una unidad. Cuando el Ci,V iguala al Ci,P la salida de terminación Ci,D cambia su estado a 1. La salida Ci,F cambia su valor a 1 cuando el Ci,V sobrepasa el 9999 y llega a 0. Cuando hay una transición de 0 a 1 en la entrada D, el valor actual Ci,V es decrementado en una unidad y la salida Ci,E cambia a 1 cuando el Ci,V sobrepasa el 0 y cambia a 9999.

ELEMENTO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Numero de Contador	Ci	31 Contadores numerados del C0 al C30
Valor Actual	Ci,V	Palabra que se incrementa o decrementa dados las entradas U o D. Puede leerse pero no actualizarse.
Valor Presetaleado	Ci,P	$0 < Ci,P < 9999$. Palabra que determina el tiempo a contar. Puede leerse y actualizarse. Default = 9999
Autorización o Modificador	MODF	Si (default) No
Entrada de Inicialización	R	Cuando vale 1, Ci,V = 0
Entrada de reset prefijado	P	Cuando vale 1, Ci,V = Ci,P
Entrada ascendente	U	Cuando cambia de 0 a 1, Ci,V se incrementa
Entrada descendente	D	Cuando cambia de 1 a 0, Ci,V se decrementa
Salida "vacío"	E	Ci,E vale 1 cuando Ci,V rebasa el 0 hacia 9999 ante un decremento
Salida de Terminación	D	Ci,D = 1 cuando Ci,V = Ci,P
Salida de "feno"	F	Ci,F = 1 cuando Ci,V sobrepasa 9999 hacia 0, ante un incremento
Símbolo de Programa		

Tambor de Control.

El tambor opera con el principio del tambor controlador electromecánico, el cual avanza un paso ante la ocurrencia de un evento externo. El tambor comprende una matriz de datos constantes organizados en 16 pasos (0 a 15) con un estado asociado a cada paso y numerados de 0 a F. El tambor comprende también una lista de 16 bits (de salida ó


internos). En cada paso actual, estos bits adquieren los estados lógicos definidos para éste.

LEMPA ¹²	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Número de Tumbor	D	8 Tumbores numerados D0 a D7
Número de pasos	C	$1 < C < 16$ = default
Base de Tiempo	TB	Puede ser de 1 min (default), 1 s, 100 ms a 10 ms
Tiempo Trans (paso actual)	D.V	$0 < D.V < 9999$ La palabra se inicializa a cero en el cambio de paso. Puede leerse y compararse pero no cambiarse. Default = 9999
Número de paso actual	D.S	$0 < D.S < 15$ Esta palabra puede ser read, comparado y solamente actualizado por un valor inmediato
Entrada de inicialización	R	Cuando vale 1, inicializa el tumbor en el paso 0
Entrada de avanzo	U	Cuando cambia de 0 a 1, D.S se incrementa y actualiza los bits de salida
Salida de tiempo	F	Indica que el paso actual es el último paso definido. Puede leerse y vale 1 cuando $D.S = D.L - 1$
Estados lógicos para cada paso	D.W	Palabra de 16 bits que define los estados del paso y de tumbor. Puede leerse pero no actualizarse
Símbolo de Programa		

Registro.


Esta función consiste de dos palabras de 16 bits cada una, una de entrada y la otra de salida, que permite almacenar información. El almacenamiento puede realizarse de dos maneras:

- Stack FIFO "first input first output", en que el primer dato almacenado es el primero en ser leído cuando se le requiere una salida al bloque de registro y
- Stack LIFO "last input first output", en que el último dato ingresado es el primero en ser leído.

ELEMENTO	Simbolo	DESCRIPCION
Numero de Registro	R _i	4 Registros numerados del R0 al R3
Tipo de Configuración	FIFO LIFO	"First Input First Output" "Last Input First Output"
Longitud	L	Numero de palabras o datos a almacenar $1 < L < 16$
Palabra de entrada	R _i I	Palabra a almacenar. Puede leerse y actualizarse
Palabra de salida	R _i O	Palabra a leer. Puede leerse y actualizarse
Entrada "Almacenar"	I	Cuando cambia de 0 a 1, almacena el contenido de R _i en el registro
Entrada "Leer"	O	Cuando cambia de 0 a 1, lee del registro la palabra en turno y la coloca en R _i O
Entrada de inicialización	R	Cuando su valor es 1, se vacía el registro
Salida "Lleno"	F	Indica que el registro no acepta más palabras
Salida "Vacío"	E	Indica que no hay dato alguno en el registro
Simbolo de Programa		

Contador / Temporizador Rápido

Cuando se alcanza el valor preestablecido, configurado por el usuario, el contador / temporizador rápido activa la tarea rápida

ELEMENTO	Simbolo	DESCRIPCION
Entrada de inicialización	R	Cuando vale 1, FC,V = 0
Ent. de valor preestablecido	P	Cuando vale 1, permite ingresar un valor preestablecido nuevo via programa
Entrada de valor actual	V	Cuando vale 1, permite la lectura del valor actual, via programa
Entrada de control	C	Cuando vale 1, valida el contador
Salida "Voto"	E	Vote 1 cuando la entrada fisica de inicialización vale 1
Salida "Termino"	D	Vote 1 cuando FC,V = FC,P
Salida "Meno"	F	Vote 1 mientras FC,V < FC,P
Simbolo de Programa		

3.3.1.2 Bloques de Operación

Estos bloques no son programados de origen, por lo que su número no está limitado. A continuación se enumeran las características de cada uno

Bloque de Comparación

Formato: OP1 - SIGNO - OP2

OP1 - Elemento a comparar. Cualquier palabra

SIGNO - Tipo de comparación >, <, =, >=, <=, <>

OP2 - Valor de la comparación. Cualquier palabra ó valor inmediato.

Ejemplo:



Bloques de Cálculo y Transferencia

Usa los siguientes elementos:

- Valores inmediatos. Escritos en Binario, Hexadecimal, Mensajes y Decimal.
- Cadenas de Bits. Bits de sistema de entrada y de salida. Ejemplo: B5 [10] = línea de bits de B5 a B14
- Palabras indexadas. Palabras internas, palabras constantes de la 0 a la 127. Ejemplo: W5(W10) = palabra 5 del índice 10.
- Tablas de palabras (bloque de transferencia). Usa palabras internas y palabras constantes. Ejemplo: CW5[10] = 5 es la primera palabra de una tabla de 10 palabras
- Operaciones aritméticas y Lógicas. Formato: OP1 OP OP2 ----- RESULTADO
OP1 = Cualquier palabra
OP = Operación. Aritméticas --- +, *, /, Remainder (residuo de una división),
Lógicas ----- AND, OR, XOR. Operaciones bit a bit.

OP2 = Cualquier palabra ó valor inmediato.

- Conversiones y Corrimientos Circulares.

Formato: OP OP2 → RESULTADO

OP = Tipo de Conversión:

-Binario-BCD (BIN ó BCD)

-BTA (para conversiones binario-ASCII) ó ATB (para ASCII-binario)

-Corrimientos Circulares.(SLCn a la izquierda y SRCn a la derecha, donde n es el N° de bits a recorrer.

OP2 = Palabra a convertir. Cualquier tipo de palabra.

Ejemplo: OP BTA

OP2 W0

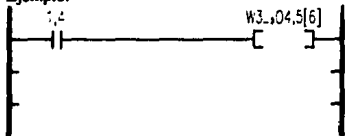
→ W10

- Bloques de Operación de transferencia.

Formato: OP2 → Destino

OP2 (fuente)	→ destino	Ejemplo
Cadena de 16 bits	palabra	11,0[16] _____, W4
Cadena de 16 bits	Palabra indexada	11,0[16] _____, W4(W50)
Cadena de menos de 16 bits	Largo de cadena de bits = OP2	11,0[8] _____, B0[8]
Palabra	Cadena de 16 bits ó menos	W3 _____, 04,5[5]
Palabra	Palabra	W30 _____, M2,P
Palabra	Palabra indexada	W5 _____, W:00(50)
Palabra indexada	Cadena de 16 bits ó menos	W3(W:50) _____, 04,5[5]
Palabra indexada	Palabra	CW5(W0) _____, W:30
Palabra indexada	Palabra indexada	CW10(W0) _____, W:10(W:1)
Tabla de palabras	Tabla de palabras	W:12[60] _____, W:0[60]
Valor inmediato	Cadena de 16 bits ó menos	51 _____, 01,5[5]
valor inmediato	Palabra	:27 _____, T1,P
Valor inmediato	Palabra indexada	:27 _____, W10 (W50)

Ejemplo:



- Acceso a todas las 1024 palabras internas y las 1024 palabras constantes

La estructura de memoria de las palabras internas y las constantes es de 8 páginas (0 - 127 en la 1ª página, 128 - 255 en la 2ª, etc) . Existe acceso directo a la primera página, pero el acceso a las otras páginas debe hacerse transfiriendo primero a la primera página.

Ejemplos:

W512[128] ----> W0[128]

CW[640] ----> W0[60]

Existen otras funciones del TSX 17-20 como:

- Bloque de texto (Simplificado o Completo). Sirve para intercambiar mensajes entre el programa del usuario y periféricos conectados al puerto de programación; En el caso del bloque completo, también entre el programa del usuario y otros programas, con unión vía bus de datos ó un módulo inteligente.
- Reloj en tiempo real. Equipado con el cartucho de software TSX P17 20FB, el TSX 17-20 incorpora un reloj en tiempo real y calendario que ofrece las funciones de programación temporizada, registro de eventos y medición del tiempo transcurrido.

Estas 2 funciones no se utilizaron para la elaboración de esta tesis

3.3.2 Lenguaje Grafcet

Los programas escritos en lenguaje Grafcet de PL7-2 se dividen en tres módulos:

- El módulo de pre-proceso escrito en lenguaje de escalera.

- El módulo de proceso secuencial conteniendo la tabla de grafcet escrita en lenguaje Grafcet.
- El módulo post-proceso escrito en lenguaje de Escalera.

La tabla Grafcet se compone de:

- Pasos asociados con acciones
- Transiciones asociadas a condiciones
- Uniones dirigidas, uniendo los pasos y las transiciones. La tabla puede contener hasta 96 pasos y 128 transiciones escritas en un máximo de 8 páginas de Grafcet. Cada página se compone de 8 columnas de 6 líneas. Cada columna puede recibir un conector fuente, 6 pasos, 6 transiciones y un conector destino.
- En la Terminal TSX T407, la pantalla actúa como una ventana que puede moverse sobre las páginas, usando las teclas de control del cursor.
- En la terminal TSX T607 ó en la de una IBM PC, compatible o PS/2, la pantalla muestra una página completa de Grafcet, más una zona para introducir comentarios (un máximo de 20 líneas de 19 caracteres).

Capítulo IV

Diseño del Programa

IV. Diseño del Programa

4.1 Lista de Variables

4.1.1 Entradas y Salidas

4.1.2 Bits internos

4.2 Codificación del Programa

4.3 Documentación del Programa

4.4 Descripción del Programa

Diseño del Programa

4.1 Lista de Variables

4.1.1 Entradas y Salidas

A continuación se presenta la lista de Entradas y Salidas utilizadas en el Programa:

Entradas

10,0	=	SS1	=	"Switch" Selector de modo Manual/Automático
10,1	=	SS2	=	"Switch" Selector "Non Stop"
10,2	=	SS4	=	"Switch" Selector de Paro de Emergencia
10,3	=	PB1	=	Botón momentáneo de Operación
10,4	=	PB2	=	Botón momentáneo de Paro
10,5	=	PB3	=	Botón momentáneo de Arranque
10,6	=	PB4	=	Botón momentáneo de Paro de Emergencia
10,7	=	PB7	=	Botón momentáneo de Restablecimiento de Paro de Emergencia.
10,8	=	YS	=	Sensor de Ruptura de Hilo
10,9	=	L10	=	"Micro-switch" de falla de regreso de las tijeras.
10,10	=	L12	=	Falla de acoplamiento de engranes
10,11	=	L14	=	Fin de Carrera de las Tijeras
10,12	=	L15	=	Posición de Tijeras listas
10,13	=	L17	=	Falla del Pie de Presión de la Máquina de Coser
10,14	=	L18	=	Falla de "clamp" abierto
10,15	=	FS	=	Pedal de la máquina de coser
10,17	=	L1	=	Posición Fija

Salidas

O0,0	=	MTR1	=	Motor Principal
O0,1	=	MTR2	=	Motor del Ventilador
O0,2	=	MTR3	=	Motor de la Máquina de Coser
O0,3	=	MTR4	=	Motor de Deslizamiento de las Tijeras
O0,4	=	MTR6	=	Motor de Corte (Tijeras)
O0,6	=	Sol1	=	Aire para descarga de la Media
O0,7	=	Sol3	=	Suministro de aire al cortador de sobrantes de la máquina de coser
O0,8	=	Sol4	=	Suministro de aire para la operación de cosido
O0,9	=	Sol5	=	Levantamiento del Pie de Presión de la Máquina de Coser
O0,10	=	Rso3	=	Solenóide Rotatorio para la succión de la Media.

Bits internos

B1	=	L4	=	Deslizamiento de Tijeras y Corte
B2	=	L5	=	Posición de Corte
B3	=			Terminación del temporizador T3
B4	=			Bit auxiliar de paro de emergencia
B5	=			Bit auxiliar del contacto del botón de paro de emergencia.
B6	=			Bit auxiliar de paro de emergencia.
B7	=			Bit auxiliar del contacto del botón de arranque.
B8	=			Bit auxiliar del contacto de operación.
B9	=			Bit auxiliar. Se usa para energizar todo menos clamps.
B10	=			Bit auxiliar de operación manual.
B11	=			Bit auxiliar de operación automática.
B12	=			Bit auxiliar de control del temporizador de operación automática.

B13	=	Bit auxiliar de operación "Non Stop".
B14	=	Bit auxiliar permisivo de arranque.
B15	=	Bit auxiliar de avance del tambor.
B16	=	Bit auxiliar de ciclo completo de tambor.
B17	=	Bit auxiliar del botón momentáneo de paro.
B18	=	Bit auxiliar de la posición fija física de la máquina.
B20	=	Bit auxiliar de fin de ciclo de tambores.
B22	=	Bit auxiliar de inicialización de tambores.
B23	=	Bit auxiliar de inicialización de tambores y bloqueo de salidas
B24	=	Bit auxiliar del levantamiento del pie de presión de la máquina de coser.
B25	=	Bit auxiliar de succión de media.
B26	=	Bit auxiliar de aire para descarga de media.
B27	=	Bit auxiliar de succión de corte de cosido.
IX,X ó BX	=	Entrada ó bit interno en estado lógico negado.

4.2 Codificación del programa.

Avance tambor 0-4

```

** LABEL 24          DRUM A 0-4
  +---COMPAR-----+ +---COMPAR-----+-----B15
  |D1,S = 0 | + |D1,V = 5 |-----(5)-----|
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 1 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 2 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 3 |
  +---+---+
  
```

Avance tambor 4-8

```

** LABEL 25          DRUM A 4-8
  +---COMPAR-----+ +---COMPAR-----+-----B15
  |D1,S = 4 | + |D1,V = 5 |----- (5)-----|
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 5 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 6 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 7 |
  +---+---+
  
```

Avance tambor 8-12

```

** LABEL 26          DRUM A 8-12
  +---COMPAR-----+ +---COMPAR-----+-----B15
  |D1,S = 8 | + |D1,V = 5 |----- (5)-----|
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 9 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 10 |
  +---+---+
  +---COMPAR-----+
  |D1,S = 11 |
  +---+---+
  
```

Avance tambor 12-16

```

** LABEL 27          DRUM 2A 12-16
+---COMPAR-----+---COMPAR-----+
|D1,S = 12 | |D1,V = 5 |-----+-----+ B15
+-----+-----+-----+-----+ (S)
+---COMPAR-----+
|D1,S = 13 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D1,S = 14 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D1,S = 15 |
+-----+-----+

```

Avance tambor 16-20

```

** LABEL 28          DRUM 2A 16-20
+---COMPAR-----+---COMPAR-----+
|D2,S = 0 | |D2,V = 5 |-----+-----+ B15
+-----+-----+-----+-----+ (S)
+---COMPAR-----+
|D2,S = 1 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D2,S = 2 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D2,S = 3 |
+-----+-----+

```

Avance tambor 21-24

```

** LABEL 29          DRUM 2A 21-24
+---COMPAR-----+---COMPAR-----+
|D2,S = 4 | |D2,V = 5 |-----+-----+ B15
+-----+-----+-----+-----+ (S)
+---COMPAR-----+
|D2,S = 5 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D2,S = 6 |
+-----+-----+
+---COMPAR-----+
|D2,S = 7 |
+-----+-----+

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| PROG11 / ..... | PROG: MAST | | 30/1 /94 | 7- 6 |
+-----Telemecanique-/-TSX-----+-----+-----+-----+-----+

```

Avance tambor 25-28

```

** LABEL 30          DRUM 2A 25-28
+---COMPAR---+ +---COMPAR---+
|D2,S = 8 | |D2,V = 5 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 9 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 10 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 11 |
+---+---+

```

B15
(5)

Avance tambor 28-31

```

** LABEL 31          DRUM 2A 28-31
+---COMPAR---+ +---COMPAR---+
|D2,S = 12 | |D2,V = 5 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 13 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 14 |
+---+---+
+---COMPAR---+
|D2,S = 15 |
+---+---+

```

B15
(5)

inicialización de tambores

```

** LABEL 32          RESETD1
B6
+---+---+
| |
+---+---+
B18
+---+---+
B17
+---+---+

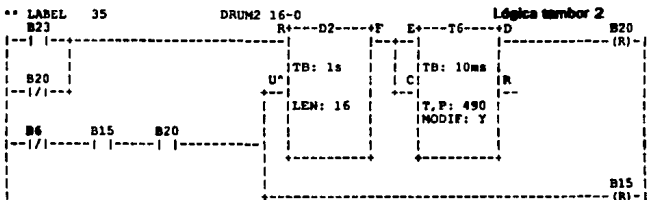
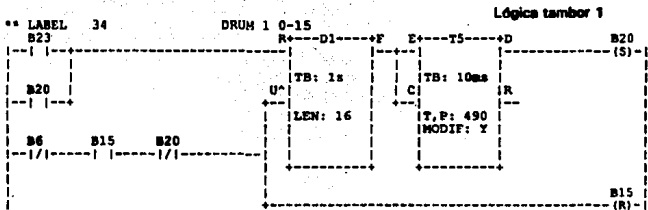
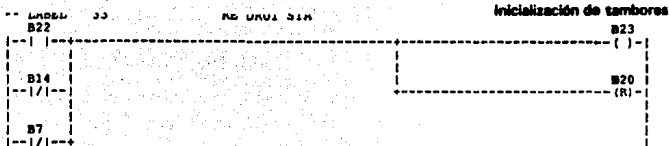
```

B22
()

```

+---application---+ +---rev---+ +---date---+ +---page---+
| PROG11 /..... | | PROG: MAST | | 30/1 /94 | | 7- 7 |
+---Telemechanique---/---TSX---+ +---+---+ +---+---+ +---+---+

```



Habilitación de Salidas

LABELES	JO	PAR SALIDAS	
B24	B23		00,9
			()
B25	B23		00,10
			()
B26	B23		00,6
			()
B27	B23		00,7
			()

END OF PROGRAM

4.3 Documentación del Programa

El programa desarrollado para sustituir las funciones de control electromecánicas de la máquina de Redonda, consta de varios bloques. Estos se refieren a funciones similares tales como Paro de Emergencia, Permisivo de Arranque, Lectura del panel de control y Modos de Operación, Arranque y Paro de motores y Tambor de Levas.

A continuación se describen los bloques principales:

- **PARO DE EMERGENCIA** (Etiquetas 1 y 2, referirse a la sección 4.2 de este capítulo)

El paro de emergencia se establece a través de la lectura que realiza el programa de ciertas condiciones: el pulsar el botón momentáneo de paro de emergencia, el accionar el interruptor de paro de emergencia, la falla del pie de presión de la máquina de coser cuando entra el calzón de la media, la falla de los "clamps" al abrir en la sección previa a la costura, la detección del hilo roto, la falla del posicionamiento de las tijeras para el corte y falla de acoplamiento de engranes planetarios de los "clamps". Estas variables generan la condición de paro de emergencia que desenergiza toda la máquina. La no existencia de la condición, es un permisivo a través de todo el programa para la habilitación de las funciones de la máquina.

- **PERMISIVO DE ARRANQUE** (Etiqueta 9)

La máquina redonda requiere de ciertas condiciones para iniciar su operación, éstas son leídas por el programa con el fin de establecer un bit auxiliar para ser usado en el programa como condición de arranque de todas las funciones. Dichas condiciones se refieren principalmente a las tijeras ya que se verifica su ubicación, además de la corroborar la posición fija de la máquina.

- **LECTURA DEL PANEL DE CONTROL** (Etiquetas 3, 4, 5, 6, 10, 12 y 13)

La lectura del panel de control se lleva a cabo para establecer los contactos auxiliares de los botones momentáneos, como son: botón de Operación, Paro, Arranque, Paro de Emergencia y Restablecimiento de Paro de Emergencia. Al presionar estos botones, se establecen en estado alto bits internos que son utilizados a lo largo del programa para realizar las funciones relacionadas. Para que estas funciones sean ejecutadas el programa verifica ciertas condiciones como el Permisivo de Arranque o la no existencia del Paro de Emergencia.

El restablecimiento de estos bits internos se lleva a cabo a través de condiciones propias de la máquina o al presionar botones cuya función sea detener la máquina.

- **MODOS DE OPERACIÓN** (Etiquetas 11, 15, 16 y 17)

Como se explica en el Capítulo I, existen tres modos de operación: "Non Stop" y Manual/Automático.

Estos modos, que son seleccionados mediante interruptores selectores, en conjunto con el tambor de levas lógico, definen las secuencias de arranque y paro de todos los motores exceptuando el del ventilador, ya que este se enciende a partir de que es presionado el botón de arranque.

Es importante mencionar que el modo de operación "Non Stop", tiene prioridad sobre los otros dos, ya que la selección de este modo, deshabilita los otros modos.

- **TAMBOR DE LEVAS LÓGICO** (Etiquetas 24 a 36)

Para poder cumplir con la secuencia de operación de la máquina, que en su mayor parte es realizada por el tambor de levas mecánico, éste último fue sustituido por dos tambores lógicos de 16 pasos cada uno. Como se puede observar en la sección 4.4, estos tambores temporizan la ejecución de las operaciones de corte, cosido, succión de sobrante de corte del cosido, y succión y descarga de la media.

Para su inicialización se usan las señales de Permisivo de Arranque, Posición fija y Paro de Emergencia, entre otras. El avance de los tambores se realiza a través de la verificación del paso actual de cada tambor y la duración del mismo.

4.4 Descripción del Programa.

La etiqueta 1 y 2 (referirse a la sección 4.2), establecen momentáneamente, un bit interno llamado B6 que establece el "Paro de Emergencia" de la máquina, desenergizándola por completo. Dicha etiqueta, usa para el establecimiento de B6, cualquiera de las siguientes condiciones:

FALLA DEL PIE DE PRESIÓN DE LA MÁQUINA DE COSER = 10,13

"O"

FALLÓ "CLAMP" AL ABRIR = 10,14

"O"

"SWITCH" SELECTOR SS1 DE EMERGENCIA ACCIONADO = 10,2

"O"

EXCESO DE TENSIÓN EN EL BRAZO = 10,10

"O"

SE ESTABLECE VERDADERA LA CONDICIÓN DE HILO ROTO = B3 "Y" SE

DETECTA HILO ROTO = 10,8

"O"

LAS TIJERAS DEBERÍAN ESTAR EN POSICIÓN = B2 "Y" LAS TIJERAS NO

ESTÁN RETRAÍDAS = 10,9

"Y"

NO EXISTE RESTABLECIMIENTO DEL PARO DE EMERGENCIA = 10,7

"ENTONCES"

SE ESTABLECE LA CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA.

La etiqueta 3, establece en alto el bit interno B17, que es el contacto asociado con el PB2 (Botón momentáneo de Paro), a través de presionar dicho botón.

La etiqueta 4, establece en estado alto el bit interno B5, que es el contacto asociado con el PB4 (Botón momentáneo de Paro de Emergencia), a través de presionar dicho botón.

La etiqueta 5, establece en estado alto los bits internos B8, que es el contacto asociado a PB1 (Botón momentáneo de Operación) y al bit interno B9, que es el contacto destinado para la energización de "clamps", bajo las siguientes condiciones:

SE PRESIONA EL BOTÓN DE OPERACIÓN = 10,3

"Y"

NO EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"Y"

EXISTEN LOS PERMISIVOS DE ARRANQUE = B14 (De los cuales se hablará más adelante en esta misma sección)

A su vez restablece el bit interno B17, al cumplirse solamente las primeras dos condiciones.

La etiqueta 6, establece en estado alto el bit interno B7, que es el contacto asociado con PB3 (Botón momentáneo de Arranque) en el momento en que se presente la siguiente condición:

NO EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"Y"

LA MÁQUINA ESTA EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN = B8

"Y"

EXISTEN LOS PERMISIVOS DE ARRANQUE = B14

"Y"

SE PRESIONA PB3 PARA ARRANCAR = 10,5

"ENTONCES"

LA MÁQUINA ESTA EN CONDICIÓN DE ARRANQUE.

La etiqueta 7, establece en alto el bit interno B3, una vez que se termine la cuenta del temporizador 3. Los parámetros internos del temporizador son:

TB = 1 , (Base de Tiempo) , T,P = 3 (Valor Preestablecido)

Para que el temporizador empiece a contar, se deben de presentar las siguientes condiciones:

**EL BIT INTERNO B7 DEBE DE ESTAR EN ESTADO ALTO = MÁQUINA EN
ESTADO DE ARRANQUE.**

"Y"

EL SENSOR DE HILO ROTO EN ESTADO ALTO = 10,8

Al arrancar la máquina, es necesario verificar la existencia e integridad del hilo, de tal forma que en los pasos subsecuentes de esta, pueda desempeñar el cosido del calzón de media. El temporizador es requerido para evitar una falsa señal del detector de hilo roto (YS = 10,8), que es un sensor de movimiento, comparando dicha señal con el fin de un

temporizador, ya que se requiere de un cierto tiempo para que después del arranque, el hilo comience a moverse, estableciendo Y5 como verdadero o falso, según sea el caso.

La etiqueta 8, establece momentáneamente el bit interno B18 que es la posición fija física de la máquina, asignada a I0,17.

La etiqueta 9, establece en alto el bit interno B14, que es el permiso de arranque de la máquina, generado por las siguientes condiciones:

LAS TIJERAS ESTÁN RETRAÍDAS ("MICRO-SWITCH" L10) = I0,9

"Y"

LAS TIJERAS ESTÁN EN POSICIÓN = (MICRO-SWITCH L15) = I0,12

"Y"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA FÍSICAMENTE EN LA POSICIÓN FIJA = B18

"Y"

**SE CONFIRMA QUE LAS TIJERAS NO ESTÁN EN LA POSICIÓN FINAL DE
SU DESLIZAMIENTO = I0,14**

"Y"

NO SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE PARO = B17

La etiqueta 10, restablece los bits internos B7, B8 y B14, que se refieren al contacto asociado de Arranque, al contacto asociado de Operación y al Permiso de Arranque respectivamente, a través de que se cumplan las siguientes condiciones:

CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"O"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE PARO = B17

Al mismo tiempo, dicha etiqueta restablece el bit interno B7, que es el contacto asociado de Arranque. En el modo de operación Manual, para que la máquina opere, se debe de presionar el botón de Arranque (B7), la máquina debe de recorrer un ciclo completo, y detenerse nuevamente en la posición fija (B18), esperando que se vuelva a oprimir el botón de arranque (B7) para recorrer un ciclo más. El temporizador se requiere para evitar que la posición fija sea sensada en el momento del arranque y permita que la máquina ejecute el ciclo completo para que en el momento en que se presente de nuevo la posición fija se detenga. A continuación se describen los parámetros del temporizador T9 y las entradas para realizar dicha función:

TB = 1, T,P = 2

Entradas:

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO DE OPERACIÓN MANUAL - B10

"Y"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE ARRANQUE - B7

"Y"

LA SEÑAL DE "DONE" DEL TEMPORIZADOR T9 SE DA

"Y"

SE DETECTA NUEVAMENTE LA POSICIÓN FIJA - B18

La etiqueta 11, restablece el bit interno B11 correspondiente al modo de operación Automática (que se explica más adelante en esta sección), bajo las siguientes condiciones:

LA MÁQUINA NO SE ENCUENTRA EN MODO DE OPERACIÓN MANUAL =

B10

"Y"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE ARRANQUE = B7

"Y"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA FÍSICAMENTE EN LA POSICIÓN FIJA = B18

La etiqueta 12, desenergiza únicamente los "clamps", restableciendo el bit interno B9, a través de la condición de Paro de Emergencia determinada por el bit B6.

La etiqueta 13, restablece la condición de Paro de Emergencia asignada al bit interno B5, al presionar el PB7 que es I0,7.

La etiqueta 14, arranca el motor del ventilador (MTR2), asignado a la salida O0,1 una vez que es establecido en alto el bit interno B8, al presionar PB1.

La etiqueta 15, selecciona, a través del SS2 asignado a I0,1, el modo de operación "Non Stop", verificando que se cumplan el Permisivo de Arranque B14 y que no exista una condición de Paro de Emergencia B6.

La etiqueta 16, selecciona, a través del SS1 asignado a I0,0, el modo de operación Manual o Automático, según sea el estado de la entrada (1/0), verificando que la máquina no se encuentre en modo de Operación "Non Stop" I0,1.

La etiqueta 17, establecen el modo de Operación Automático asociado al bit interno B11. En este modo la máquina permanece, durante un tiempo preestablecido, en la posición fija, avanzando un ciclo completo al finalizar el tiempo mencionado, permitiendo así la carga de la media. Los parámetros del temporizador T1 son:

TB = 1, T,P = 5

Las señales que habilitan el temporizador son:

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA FÍSICAMENTE EN LA POSICIÓN FIJA = B18

"0"

EL TEMPORIZADOR SE ENCUENTRA CORRIENDO = B12

Esta señal se requiere para seguir habilitando el temporizador una vez que la máquina salga físicamente de la posición fija.

"Y"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE ARRANQUE = B7

Las señales que controlan al temporizador son:

EXISTEN LOS PERMISIVOS DE ARRANQUE = B14

"Y"

LA MÁQUINA OPERA EN MODO AUTOMÁTICO = I0,0

"Y"

NO EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"Y"

LA MÁQUINA NO OPERA EN MODO "NON STOP" = B10

Al término del tiempo preestablecido se establece en alto el bit interno B11.

La etiqueta 18, arranca el motor principal MTR1 asignado a la salida O0,0, dependiendo del modo de operación en que se encuentre la máquina, como se describe a continuación:

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO MANUAL = B10

"0"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO AUTOMÁTICO = B11

"0"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO "NON STOP" = B13

"Y"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE ARRANQUE = B7

La etiqueta 19, arranca el motor de la Máquina de Coser MTR3 y energiza la solenoide Sol 4 para accionar el suministro de aire para la operación de costura del calzón de la media, "Sewing Sub-Air", funciones asignadas a O0,2 y O0,8 respectivamente, a través de las siguientes condiciones:

LA MÁQUINA NO SE ENCUENTRA EN LA POSICIÓN FIJA = B18

"Y"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO MANUAL = B10

"0"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO AUTOMÁTICO = B11

"0"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN MODO "NON STOP" - B13

"Y"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE ARRANQUE = B7

La etiqueta 20, establece en alto los motores de Deslizamiento de las Tijeras MTR4 y de Corte MTR6, asignados a O0,3 y O0,4 respectivamente, en base a las siguientes condiciones:

LAS TIJERAS ESTÁN EN POSICIÓN = I0,12

"Y"

LAS TIJERAS ESTÁN RETRAÍDAS = I0,9

"Y"

EL BIT INTERNO B1 DEL TAMBOR I ESTÁ DADO = B1

Este bit interno del Tambor de Levas I, sirve para verificar que las tijeras estén listas para ejecutar el deslizamiento y el corte. La operación de los tambores será explicada más adelante.

La etiqueta 21, establece en alto el bit interno B28 a través del "micro-switch" de fin de carrera de las tijeras L14 asignado a I0,11. Este bit interno es usado para hacer una operación lógica con el sensor de tijeras retraídas asignado a I0,9 y detener el motor de Deslizamiento de las tijeras, O0,3, en la siguiente etiqueta.

La etiqueta 22, tiene como función apagar el motor de Deslizamiento de las tijeras MTR4, asignado a O0,3 y restablecer el bit interno B28. Dicho motor debe de operar para efectuar el corte del calzón de la media con las tijeras, deslizándose hacia adelante y

regresar a su posición original, dicha función es controlada por el sensor de tijeras retraídas asignado a I0,9. La señal de tijeras retraídas, I0,9, es utilizada tanto para arrancar como para apagar el motor de Deslizamiento de las tijeras, por lo que para poder apagar dicho motor y evitar una falsa señal al sensor I0,9 en el momento del arranque, se utiliza un temporizador que es inicializado por el bit interno B28, que es establecido en alto por medio del accionamiento del sensor de fin de carrera de las tijeras I0,11. A continuación se describen las funciones aquí explicadas:

Parámetros del temporizador

TB = 1 , T,P = 3

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE PARO = B17

"O"

EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"O"

EL BIT INTERNO B28 SE ENCUENTRA EN ALTO = B28

"Y"

LA SEÑAL DE "DONE" DEL TEMPORIZADOR T8 SE ESTABLECE EN ALTO

"Y"

LAS TIJERAS REGRESAN A LA POSICIÓN DE RETRAÍDAS = I0,9

La etiqueta 23, apaga el motor de Corte MTR6 asignado a O0,4 mediante las siguientes condiciones:

LAS TIJERAS LLEGARON AL FIN DE SU CARRERA = I0,11

"O"

EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"O"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE PARO = B17

Las etiquetas 24 a 31, dan la señal de avance a los Tambores de Levas estableciendo en alto el bit B15 a través de verificar las siguientes condiciones:

VERIFICAR EL PASO ACTUAL DEL TAMBOR = $D_i, S = n$

Donde i es el número del tambor, y n es el paso actual.

"Y"

ESPERAR LA DURACIÓN PREESTABLECIDA DEL PASO = $D_i, V = 5$

Donde i es el número del tambor, y 5 es la duración preestablecida del paso, con un tiempo base de 1 segundo.

Las etiquetas 32 a 35, forman parte de la lógica de control de los tambores lógicos D1 y D2, que sustituyen al tambor de levas existente en la máquina original. Para poder traducir el tambor de levas original a uno lógico, se usaron dos tambores de levas de 16 pasos cada uno, obteniendo así, un tambor de 32 pasos. El tambor original consta de 16 pasos, con algunos pasos intermedios, razón por la cual se utilizaron 32 pasos lógicos en los tambores para igualar la resolución del original. A continuación se describen tanto los parámetros del tambor, como su contenido:

Parámetros del Tambor 1:

Longitud = 16 pasos, TB = 1

Contenido del Tambor 1:

PASO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SALIDA
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B0
	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B24
	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	B1

Parámetros del Tambor 2:

Longitud = 16 pasos, TB = 1 seg., (tiempo base)

Contenido del Tambor 2:

PASO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SALIDA
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	B25
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	B26
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	B27
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	B2

La etiqueta 32, establece el bit interno B22, que forma parte de la lógica de inicialización de los tambores en base a las siguientes condiciones:

EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"0"

LA MÁQUINA SE ENCUENTRA FÍSICAMENTE EN LA POSICIÓN FIJA = B18

"0"

SE PRESIONÓ EL BOTÓN DE PARO DE LA MÁQUINA = B17

La etiqueta 33, establece el bit interno B23 y restablece el bit interno B20. El primero inicializa ambos tambores, el segundo asegura que el tambor 2 sea inicializado al término del tambor 1 y este último sea inicializado al término del tambor 2 (ésta operación será complementada en las etiquetas 34 y 35), en base al cumplimiento de las siguientes condiciones:

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B22 = B22

(Etiqueta 32)

"0"

NO ESTÁ DADO EL PERMISIVO DE ARRANQUE = B14

"0"

NO SE HA PRESIONADO EL BOTÓN DE ARRANQUE = B7

La etiqueta 34, ejecuta la operación del tambor 1. Las señales de control del tambor son:

Inicialización del Tambor 1:

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B23 = B23

"0"

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B20 = B20

Este bit interno se establece en alto al término del ciclo completo del tambor 1, inicializándolo, para que al término del ciclo completo del tambor 2, el tambor 1 se encuentre en sus valores iniciales. A su vez, este bit es utilizado para habilitar el avance del tambor 2.

Avance del Tambor 1:

NO EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"Y"

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B15 = B15

El bit interno B15, explicado en las etiquetas 24 a 31, se establece cada vez que la comparación entre la verificación del paso y el tiempo preestablecido de éste sea verdadera.

"Y"

EL BIT INTERNO B20 NO SE HA DADO = B20

Esto asegura que al término del ciclo del tambor 1, se detenga, ya que el bit interno B15 es usado para dar el avance a ambos tambores.

A su vez, las condiciones de avance del tambor 1, restablecen el bit interno B15, permitiendo así que la siguiente condición de avance se establezca.

Es necesario incluir el temporizador T5 debido a que, si el bit interno B20 estuviera conectado directamente a la señal de "ciclo completo", el paso 16 no duraría el tiempo preestablecido.

Parámetros del Temporizador T5:

TB = 10ms, T,P = 490

Al momento de finalizar el temporizador T5 se establece en alto la señal B20.

La etiqueta 35, ejecuta la operación del tambor 2. Las señales de control del tambor son:

Inicialización del Tambor 2:

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B23 = B23

"0"

EL BIT INTERNO B20 NO ESTÁ DADO = B20

Avance del Tambor 2:

NO EXISTE CONDICIÓN DE PARO DE EMERGENCIA = B6

"1"

SE ESTABLECE EL BIT INTERNO B15 = B15

"1"

EL BIT INTERNO B20 ESTÁ DADO = B20

Esto asegura que al término del ciclo del tambor 1, se habilite la señal de avance del tambor 2, mientras el tambor 1 está deshabilitado por esta misma señal.

A su vez las condiciones de avance del tambor 2, restablecen el bit interno B15, permitiendo así que la siguiente condición de avance se establezca.

Es necesario incluir el temporizador T6 debido a que si el bit interno B20 estuviera conectado directamente a la señal de "ciclo completo", el paso 16 no duraría el tiempo preestablecido.

Parámetros del Temporizador T6:

TB = 10ms, T,P = 490

Al momento de finalizar el temporizador T6 se restablece la señal B20, deshabilitando e inicializando el tambor 2 y a su vez habilitando el tambor 1.

La etiqueta 36, habilita las siguientes salidas:

- Levantamiento del pie de presión de la máquina de coser, asignado a la salida O0,9 activando el solenoide Sol5, a través de las siguientes condiciones:

EL BIT INTERNO B24 DEL TAMBOR 1 ESTÁ DADO = B24

"Y"

EL BIT B23 NO ESTÁ DADO = B23

La razón de incluir esta última condición es que si el bit interno B23 no está dado, significa que uno de los dos tambores está en operación.

- Succión de media, asignado a la salida O0,10, activando el solenoide rotativo Rso3, a través de las siguientes condiciones:

EL BIT INTERNO B25 DEL TAMBOR 2 ESTÁ DADO = B25

"Y"

EL BIT B23 NO ESTÁ DADO = B23

- Aire para descarga de media, asignado a la salida O0,6, activando la solenoide Sol1, a través de las siguientes condiciones:

EL BIT INTERNO B26 DEL TAMBOR 2 ESTÁ DADO = B26

"Y"

EL BIT B23 NO ESTÁ DADO = B23

- Succión de corte de cosido, asignado a la salida O0,7, activando la solenoide Sol3, a través de las siguientes condiciones:

EL BIT INTERNO B27 DEL TAMBOR 2 ESTÁ DADO = B27

"Y"

EL BIT B23 NO ESTÁ DADO = B23

Capítulo V

Pruebas y Resultados

Pruebas y Resultados

A efecto de probar el programa, éste fue escrito en lenguaje escalera en el software PL7-2 de Telemecanique, y posteriormente transferido al PLC. Las pruebas fueron simuladas usando interruptores externos y el mismo software, con el fin de verificar que todas las funciones de la máquina original operaran correctamente en el programa creado.

Se definió una estructura de prueba en base a etapas aisladas con el propósito de verificar procesos similares y posteriormente ser integrados en el proceso completo de la máquina.

Las etapas y resultados de las pruebas son los siguientes:

En la etiqueta 5, cuya función es restablecer el bit interno B17 que se refiere al Paro de la máquina, se encontró que un permisivo para poder restablecer dicho bit era el que el bit interno B14, asignado al Permisivo de Arranque, estuviera en estado alto, sin embargo el bit interno B17 era condición para establecer en alto el bit B14, por lo cual se eliminó el bit B14 como parte de la condición de restablecimiento del bit B17.

La etiqueta 8, cuya función es establecer el bit interno B18 correspondiente a la existencia de la Posición Fija de la máquina, fue originalmente programada como una bobina de establecimiento en alto; y fue cambiada por una estándar, ya que mientras la máquina se encuentre físicamente en la Posición Fija, el bit B18 permanecerá en alto.

En el modo de Operación Manual, el restablecimiento del bit interno B7, asignado al contacto asociado al botón de Arranque de la máquina, debe generarse al término de un ciclo completo de la máquina, lo que significa que debe salir de la Posición Fija y regresar a ella para que se cumpla dicho ciclo. El problema encontrado en el programa es

que la única condición ordinaria que debía restablecer el bit interno B7 era la Posición Fija, misma que era sensada para poder arrancar la máquina, lo que generaba una coincidencia en el establecimiento y restablecimiento del bit B7. La solución a este problema fue el uso de un temporizador que permitiera que la máquina saliera de la Posición Fija, para que al término del tiempo preestablecido, el PLC estuviera listo para sensar la Posición Fija asignada al bit interno B18 y parar la máquina. El mismo problema se presentó durante el arranque y paro del motor de deslizamiento de las tijeras. La solución del problema fue similar, sólo que en este caso, se confirmó que las tijeras hubieren llegado al final de su carrera, a través de sensar el "micro-switch" L14, para sensar posteriormente el interruptor L10, confirmando así que las tijeras hubieren completado su ciclo.

El control principal de la sincronía de la máquina está concentrado en el tambor de levas; Este debía ser sustituido por una lógica que lograra controlar la secuencia de la máquina de la misma forma que el tambor físico. La primera conversión que se programó, fue mediante el uso de un tambor lógico del PLC, traduciendo así el tambor de 16 pasos original. Uno de los problemas iniciales fue que el tambor original usaba pasos intermedios, por lo que al usar el tambor lógico del PLC de 16 pasos, se decidió recorrerlos un paso hacia adelante. En el proceso de pruebas se encontró que se presentaban simultáneamente algunas señales que no debían darse en esa forma, provocando un funcionamiento erróneo del programa, e incluso, generando paros de Emergencia.

Debido a ésta problemática, y por el hecho de que el tambor lógico sólo tiene capacidad para 16 pasos, se decidió aumentar la resolución de la lógica, encadenando dos tambores de 16 pasos, de tal forma que la lógica del programa coincidiera con el diseño original del

tambor de levas físico. Con esto se logró una equivalencia entre el tambor original de 16 pasos, con pasos intermedios, y el lógico, con 32 pasos.

Un segundo problema, fue la encadenación lógica de ambos tambores, debido a que se requería que el primer tambor arrancara, desempeñara sus funciones, y al terminar, inicializara la operación del segundo, para que éste, al terminar sus operaciones, habilitara de nuevo al primero, y así sucesivamente; claro está, dependiendo del tipo de operación que se hubiere seleccionado y el estado de todos los permisivos de operación.

Para lograr esto, se intentó hacer que la señal de terminación del ciclo del primer tambor, fuera la señal de inicio del segundo y viceversa, sin embargo fue necesario garantizar que los tambores iniciaran su operación a partir del paso 0, por lo cual se retroalimentó la salida de terminación del ciclo de cada tambor hacia la entrada de inicialización del mismo.

Otra señal importante fue la requerida para el avance de cada tambor, que se obtuvo realizando una operación lógica entre el paso actual del tambor y el tiempo de duración del mismo. Este proceso fue explicado al detalle en el capítulo IV, (Documentación del programa).

Un problema inherente al encadenamiento de los tambores, es el hecho de que la señal de terminación del ciclo del tambor, se da simultáneamente con el último paso de este, el cual debería tener la misma duración de los pasos anteriores. Esto no se lograba debido a que la señal de terminación del primer tambor inicializaba la operación de ambos.

Lo anterior se solucionó conectando un temporizador al final de cada tambor, retrasando así la inicialización de estos y garantizando la duración del último paso.

Por último, debido a que algunas de las funciones tales como la succión de media ó el levantamiento del pie de presión de la máquina de coser, se llevan a cabo durante el paso 0 del tambor 1, fue necesario bloquear dichas funciones a través del bit interno B13, mientras el tambor se encontraba en el paso 0 pero la máquina estaba parada.

Como se indicó en la problemática de esta tesis en el capítulo I, el PLC disponible para el desarrollo y prueba del programa, está limitado a 12 salidas, las cuales fueron usadas para el programa de control.

Existe un módulo de expansión que permite aumentar el número de salidas disponibles en el TSX 1720. Debido a la falta de disponibilidad, éste no fue empleado para la implementación del programa de control. La interfase de usuario consistente en los indicadores del panel, podría haber sido fácilmente incluida, añadiendo el módulo anterior.

Las señales básicas que serían usadas para tal efecto ya están incluidas en el programa original. Una posible asignación de variables empleando el módulo TSX DSF635, considerando el panel de control de la figura 1.8 y las etiquetas del programa que generarían las salidas correspondientes, es la siguiente:

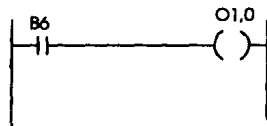
Entradas

I0,18 = Fusibles del Cableado eléctrico del solenoide de los Clamps
I0,19 = = Salida de cuenta completa del contador CUT 2

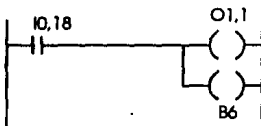
Salidas (Lámpara)

O1,0 = 11 = Indicador de Paro de Emergencia (NL-7)
O1,1 = 12 = Falla en la alimentación de los "clamps" (NL-6)
O1,2 = 13 = Indicador de falla en la Máquina de Coser (NL-5)
O1,3 = 14 = Falla de apertura de los Brazos (NL-4)

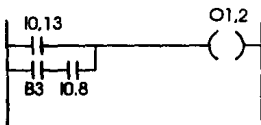
O1,4 = 15 = Indicador de falla del Regreso de las Tijeras (NL-3)



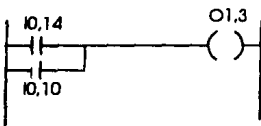
Indicador de Paro de emergencia



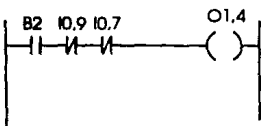
Indicador de falla en la alimentación de los clamps



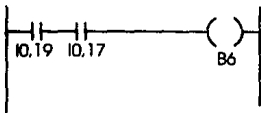
Indicador de falla en la máquina de coser.



Falla de apertura de los brazos



Indicador de falla del regreso de las tijeras



Cuenta completa

Estas líneas de programa no fueron probadas con la interfase, por lo que están sujetas a modificación en base a eventuales pruebas finales de campo.

Después de realizadas las correcciones descritas, la simulación de la operación de la máquina en el programa de control del PLC, fue satisfactoria.

Conclusiones

Conclusiones.

El uso de los Controladores Lógico Programables para el reemplazo de sistemas de control electromecánicos, resulta ser efectivo en varios aspectos. Desde el punto de vista del mantenimiento de la máquina, este se ve disminuído, debido a la sustitución de relevadores electromecánicos por relevadores lógicos dentro de la estructura del programa. Esto lleva a un segundo beneficio que es económico, ya que los costos por reemplazo o reparación se ven a su vez disminuídos.

Los costos de manufactura para cualquier empresa, son de gran importancia, ya que permiten ofrecer productos a precios competitivos; y aunque la implementación de sistemas de control en base a PLC's, dependiendo de la magnitud de la aplicación, puede llegar a ser costosa, es una inversión plenamente retornable y rentable al corto plazo. Beneficios como aumento de eficiencia, aumento de confiabilidad, mayor versatilidad, y la disminución de los costos de manufactura, son, por mencionar algunos, los que han hecho que la aplicación de los PLC's se haya extendido a diversos tipos de industria.

La aplicación específica del PLC TSX-20 de Telemecanique para la máquina de medias, cumplió con su objetivo primordial: disminuir al máximo el uso de relevadores electromecánicos; con esto se puede asegurar que, de ser aplicada la solución propuesta, los costos de manufactura de la empresa, se verían disminuídos, y a su vez, se tendría un incremento en la productividad por la minimización de tiempos muertos provocados por el sistema de control de la máquina.

Hay otros beneficios adicionales que se pueden obtener de la aplicación de un PLC, como son, la facilidad de modificar la operación de la máquina sin tener que alterar el circuito eléctrico de la misma; fácil identificación de fallas en motores, sensores o circuitos

eléctricos; versatilidad para programar diferentes menús de aplicación para la fabricación de medias de diferentes tallas, etc.

La programación del PLC en lenguaje escalera, proporciona una herramienta muy útil, debido a que la lógica utilizada es de fácil entendimiento y aplicación, el TSX-20 resultó ser de mucha utilidad en la aplicación específica, debido a una de sus funciones especiales: el tambor de levas. La máquina original utiliza un tambor de levas para controlar sus operaciones; la programación de esta función en el lenguaje escalera, es posible pero muy laboriosa además de extensa. El tambor de levas del TSX-20 permitió traducir el tambor original de una manera muy práctica y sencilla para el cumplimiento del ciclo de la máquina.

En conclusión, se puede afirmar que la aplicación de los PLC's es de gran ayuda para el control de máquinas y de procesos, con el fin de disminuir el control electromecánico y facilitar las operaciones. Debido a la gran diversidad de funciones ofrecidas por el mercado, se pueden aplicar en procesos de diversa magnitud, desde industrias químicas y de transformación, hasta industrias de manufactura, además de permitir una fácil expansión de los procesos y un monitoreo muy detallado de las operaciones ejecutadas.

BIBLIOGRAFIA

Libros

- 1.- **C. Ray Asfahl**
"Robots and Manufacturing Automation"
John Wiley & Sons, Inc.
U.S.A., 1985
- 2.- **Doebelin Ernest O.**
"Control System Principles and Design"
John Wiley & Sons, Inc.
U.S.A., 1985
- 3.- **C.T. Jones, L. A. Bryan**
"Programmable Controllers Concepts and Applications"
First Edition
An IPC/ASTEC Publication
Atlanta

Manuales

- 4.- "Manual de Programación del Lenguaje PL7-2 para la Terminal
TELEMECANIQUE TSX T407"
Manual 12.1986
- 5.- "PL7-2 Language Summary"
Marzo 89
Manual 03.1989 (026)
- 6.- "TSX-17 Micro-PLC Catalogue"
Junio 91
Manual 06.1991
- 7.- "TSX-17 Micro-PLC Installation Manual"
Junio 89
Manual 06.1989 (118)
- 8.- "Manual de Operación de la maquina de manufactura de medias"
Takatori Machinery Mfg. Co.
Octubre 1987