



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

"ELEVADOR CONTROLADO POR PLC
(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:
JUAN GABRIEL DE LEÓN LUZ
MARCO ANTONIO LOVERA CRUZ
DAVID BENITO VELASCO MALDONADO

ASESOR: JOSÉ JUAN CONTRERAS ESPINOSA

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES, N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Elevador controlado por PLC (Programmable Logic Controller)".

que presenta el pasante: Juan Gabriel de León Luz
con numero de cuentas: 8931831-9 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 11 de diciembre de 1996

PRESIDENTE Ing. José Juan Contreras Espinosa

VOCAL Ing. José Luis Rivera López

SECRETARIO Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

PRIMER SUPLENTE Ing. Nicolás Calva Tania

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Victor Hugo Lanza Croco

[Handwritten signatures and dates]
5/12/196
10/12/196
11/12/196
16/12/196



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Elevador controlado por PIC (Programmable Logic Controller)".

que presenta el pasante: Marco Antonio Lovero Cruz
con número de cuenta: 8932712-6 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 11 de diciembre de 1996

PRESIDENTE	<u>Ing. José Juan Contreras Espinosa</u>	<i>J. Contreras</i>
VOCAL	<u>Ing. José Luis Rivera López</u>	<i>J. Rivera</i>
SECRETARIO	<u>Ing. Casilda Rodríguez Arciniegas</u>	<i>C. Rodríguez</i>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Nicolás Galva Tapia</u>	<i>N. Galva</i>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Victor Iluyo Landa Crocco</u>	<i>V. Iluyo</i>



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. A.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Escalados
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Elevador controlado por PIC (Programmable Logic Controller)".

que presenta al presente: David Benito Velasco Maldonado
con numero de cuenta: 8932437-3 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Técnico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 11 de diciembre de 1995

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa
VOCAL	Ing. José Luis Rivera López
SECRETARIO	Ing. Camilo Rodríguez Arriola
PRIMER SUPLENTE	Ing. Nicolás Calva Espinosa
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Victor Hugo Luchi Orozco

[Handwritten signatures and dates]
 5/12/96
 11/10/96
 10/12/96

A mis padres:

José S. de León Navarro y Ma. Eugenia Luz Paz. A quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos haciendo de este triunfo más suyo que mío.

A mis hermanos:

José, Ma. Eugenia, Jeronimo y Eduardo, que siempre me apoyarán e impulsarán a hacerlo mejor cada día, motivandome para conseguir conjuntamente algo muy significativo y especial para todos.

A mis parientes:

Que siempre creyerón en mí, para llegar a la cumbre del éxito.

A mis compañeros y amigos:

Por esos momentos inolvidables.

*El interés permanente por superarnos,
la autodisciplina para lo que hacemos,
y la perseverancia para no abandonar nuestros
propósitos, son factores que aseguran el éxito.*

J. Gabriel de León Luz

A DIOS:

Agradezco el apoyo que me ha brindado en todos los momentos de mi vida. Él ha sido un ejemplo de perfección para mi persona. A lo largo de todos estos años, al pasar por momentos de flaqueza me he refugiado en sus manos, las cuales me han protegido y me han llevado por los caminos más sosegados.

A MIS PADRES:

Que me inculcaron desde niño los preceptos y valores que he guardado y que me han permitido establecer una base sólida en mi ser.

A MIS HERMANOS:

Por su ayuda invaluable en todos los sentidos, muy en especial a mis hermanas Laura y Lourdes que siempre se han preocupado por mi bienestar y me han demostrado su cariño en todos los momentos.

MARCO ANTONIO LOVERA CRUZ

DEDICADA:

para la gloria de Dios.

“El principio de la sabiduría es el temor a Jehová”.

A MI MADRE:

Por su amor, comprensión y sus oraciones que cada día me dieron fuerzas para continuar en la elaboración de esta actividad y que hoy puedo ver con gozo el fruto realizado de todos sus esfuerzos.

A MIS HERMANOS: César, Oscar, Natividad, Elvia y Clara.

Los cuales siempre me apoyaron en el aspecto moral, económico y espiritual con lo que me pude mantener firme en la realización de uno de los objetivos de mi vida, gracias por su motivación.

A LA UNIVERSIDAD:

Por su gratuita formación de principio a fin de la hoy culminada carrera. y a todos los ingenieros de la F.E.S. Cuautitlán que de una forma u otra colaboraron para concluir un paso más en la vida profesional.

David B. Velasco Maldonado

A LOS INGENIEROS DEL C.E.T. No. 1 DEL I.P.N.

Abraham Rodas, Castor Sanchez, Paulin y Miguel:

Por su colaboración en el desarrollo de este proyecto y de igual forma por sus consejos y palabras de ánimo.

A LOS INGENIEROS DE LA FES-C

Juan Contreras y Casildo Rodriguez:

Por su ayuda incondicional la cual siempre estuvo presente en todo momento de la elaboración de esta tesis y que siempre tuvieron la mejor disposición.

A NUESTRA UNIVERSIDAD

Por la educación gratuita que hasta este momento nos ha brindado y que no ha escatimado en darnos esta gran oportunidad, esperando que continúe formando profesionales con excelente calidad para el beneficio y desarrollo de nuestro país.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

<i>1 INTRODUCCIÓN A LOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES</i>	<i>1</i>
1.1. ANTECEDENTES (AUTOMATIZACIÓN)	2
1.2. HISTORIA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	4
1.3. DEFINICIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	8
1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC's	9
1.4.1. VENTAJAS DEL PLC	9
1.4.2. DESVENTAJAS DEL PLC	12
1.5. COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE MANDO CABLEADAS Y PROGRAMADAS	13
<i>2 COMPONENTES DE LOS PLC's</i>	<i>16</i>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN PLC	17
2.1.1. FUENTE DE PODER	17
2.1.2. MÓDULOS DE ENTRADA/SALIDA (E/S)	18
2.1.3. MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DISCRETAS, ANALÓGICAS Y DIGITALES	21
2.1.4. UNIDAD DE MEMORIA PRINCIPAL	23
2.1.5. PROCESADOR O UNIDAD CENTRAL DE PROCESO	24
2.2. ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC	26
2.3. EQUIPOS PERIFÉRICOS	27
<i>3 PROGRAMACIÓN DE LOS PLC's</i>	<i>30</i>
3.1. METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN	31
3.2. PROCESAMIENTO EN EL CONTROLADOR	33
3.3. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN	37
3.4. CONJUNTO DE INSTRUCCIONES DEL AUTÓMATA	38
3.5. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	39
3.5.1. DIAGRAMA DE ESCALERA (LADDER DIAGRAM)	40
3.5.2. MNEMONOTÉCNICOS DE LÓGICA BOOLEANA	41

3.5.3. BLOQUES DE FUNCIONES	43
3.5.4. DIAGRAMA DE FLUJO	43
3.5.5. LISTA DE INSTRUCCIONES (LENGUAJES BOOLEANOS)	43
3.5.6. TEXTO ESTRUCTURADO	45
3.6. TEMPORIZADORES	45
3.7. CONTADORES	46
<i>4 MANTENIMIENTO DEL PLC</i>	<i>49</i>
4.1. INSTALACIÓN	50
4.2. CABLEADO	51
4.3. PUESTA A TIERRA Y A PUNTO	52
4.4. IDENTIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DE AVERÍAS	54
<i>5 CRITERIO PARA LA ADQUISICIÓN DE UN PLC</i>	<i>57</i>
5.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA COMPRA DE UN PLC	58
5.2. FABRICANTES DE PLC'S	60
<i>6 ELEVADORES</i>	<i>67</i>
6.1. HISTORIA	68
6.2. ELEMENTOS FUNDAMENTALES Y COMPLEMENTARIOS DE UN ELEVADOR	70
6.2.1. RECINTO O HUECO	73
6.2.2. GUÍAS	75
6.2.3. AMORTIGUADORES	75
6.2.4. PUERTAS DE ACCESO	76
6.2.5. CUARTO DE MÁQUINAS Y POLEAS	79
6.2.6. CABINA	79
6.2.7. CONTRAPESO	82
6.2.8. PUERTAS DE LA CABINA	83
6.2.9. CABLES DE SUSPENSIÓN	87
6.2.10. GRUPOS TRACTORES	88
6.2.11. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS TRACTORES	91
6.2.12. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	97

7 EQUIPOS DE MANIOBRA DE LOS ELEVADORES	102
7.1. TIPOS DE MANIOBRA	103
7.1.1. MANIOBRA AUTOMÁTICA SIMPLE	104
7.1.2. MANIOBRA SIMPLE COLECTIVA EN BAJADA	106
7.1.3. MANIOBRA SIMPLE COLECTIVA EN SUBIDA Y BAJADA	109
7.1.4. MANIOBRA DUPLEX	111
7.1.5. MANIOBRA DUPLEX COLECTIVA EN SUBIDA Y BAJADA	111
7.2. CIRCUITOS DE MANIOBRA FUNDAMENTALES	112
7.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS ELEVADORES	113
7.3.1. CIRCUITO DE FUERZA	116
7.3.2. CIRCUITOS DE SEÑALIZACIÓN	116
7.3.3. CIRCUITO DE MANIOBRA DE ACUERDO AL FUNCIONAMIENTO	117
7.3.4. CIRCUITO DE MANIOBRA COLECTIVA EN BAJADA	118
8 ELEVADOR CONTROLADO POR PLC	124
8.1. JUSTIFICACIÓN	125
8.2. ANTEPROYECTO	126
8.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	130
8.3.1. LISTA DE MATERIAL	130
8.3.2. COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DEL ELEVADOR Y PLC FPC 202	132
8.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	140
8.4.1. EL SISTEMA Y SUS COMPONENTES	141
8.4.2. DIAGRAMAS DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA FPC 202	144
8.4.3. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA	145
8.4.4. ALIMENTACIÓN AL MOTOR SÍNCRONO 2 CSM-101	149
8.4.5. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE ENTRADAS Y SALIDAS	150
8.4.6. FUNCIONES EQUIVALENTES	152
8.5. PROGRAMA DE CONTROL DEL ELEVADOR	153
8.6. FUNCIONAMIENTO	165
CONCLUSIONES	168
BIBLIOGRAFÍA	171

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

A través de los años el hombre ha contribuido al desarrollo tecnológico, con la ayuda de la investigación y la práctica dentro de los diferentes campos que son de su interés personal; con lo que se han logrado cambios importantes en su forma de vida, creándose nuevas necesidades a sí mismo, y que a su vez trata de encontrar sus posibles soluciones. De esta forma nosotros podemos hablar de una secuencia cíclica entre la necesidad y su solución, haciendo que la tecnología avance para cubrir esas necesidades.

Así es como surgió la iniciativa de buscar una nueva alternativa para solucionar algo ya establecido y bien definido, pero utilizando para este caso tecnología reciente; optando de esta forma por el Controlador Lógico Programable (PLC), que hoy en día es una novedad para los estudiantes de ingeniería, aunque como se verá más adelante, ya tiene una reconocida trayectoria. Ahora bien el trabajo a definir se seleccionó de acuerdo a un proceso que se conoce perfectamente, y que de alguna u otra forma todos hemos manipulado y a su vez observado su funcionamiento mientras esta trabajando, de esta forma se optó por la manipulación de un elevador por medio de un Controlador Lógico Programable, aunque como se verá más adelante el controlador es por lo general usado dentro del sector industrial (lo cual hace que algunos autores lo denominen Controlador Industrial Programable (CIP)).

En forma resumida se hará una descripción breve del desarrollo del Controlador Lógico Programable, así como una síntesis de los capítulos contenidos en este trabajo.

Fue en la década de los 60's cuando se inició la inquietud, nacida por la necesidad, que principalmente se presentó en la industria automotriz, y que surgió a causa de los cambios continuos en las líneas de producción debido a la fabricación de nuevos y variados modelos. Como consecuencia a esto implicaba modificaciones en sus tableros de control por cableado, los cuales estaban integrados por relevadores, temporizadores, contactos eléctricos, etc. Estas modificaciones obligaban a las empresas automotrices a quitar el cableado y recablear, o llegar hasta el caso de la misma sustitución total de sus tableros de control, lo que repercutía en muy elevados costos y pérdidas de tiempo, además de que también provocaban que dejara de trabajar la maquinaria de la línea de producción que se fuera a modificar.

Debido a estas pérdidas, se dió origen a las tarjetas electrónicas las cuales a través de un programa fueron capaces de llevar a cabo la secuencia requerida por los procesos.

En un principio las dimensiones de estos controladores electrónicos, eran demasiado robustos y con mucha complejidad para su manejo, por lo que se requería de un personal altamente especializado para su manejo y construcción.

A partir de la década de los 80's se fueron perfeccionando estos controladores electrónicos programables; los cuales fueron reducidos en sus dimensiones de tal manera que fueran modulares y de un fácil montaje.

Como consecuencia de esto se diseñaron mas accesibles en su operación, para así poderlos explotar con la mayor información posible del proceso sin tener un contacto directo con el mismo equipo de control. En la actualidad gracias a los avances tecnológicos de la electrónica, el Controlador Lógico Programable es fácil de operar.

En el presente trabajo de tesis se desarrollan dos temas básicos de investigación y un prototipo. Dentro de los temas de investigación tenemos a los Controladores Lógicos Programables (PLC's) y los Elevadores. Dichos temas se combinan para poder llevar a cabo la realización del prototipo, el cual fué llamado como "elevador controlado por PLC", de donde surge el título del presente trabajo de tesis.

Entonces, el desarrollo general del trabajo se divide en 3 partes, que son las siguientes:
1) Controladores Lógicos Programables, 2) Elevadores, y 3) Desarrollo del proyecto.

En lo referente a los Controladores Lógicos Programables (también llamados Automatas Programables), su estudio se divide en 5 capítulos, los cuales conforman gran parte de trabajo, ya que de este depende el funcionamiento del prototipo, y por lo tanto requiere de un estudio más detallado y profundo para lograr con éxito lo objetivos trazados.

En el capítulo uno se da una introducción a los Controladores Lógicos Programables (PLC's), el cual comprende los antecedentes a estos (la automatización), que propicia el origen y nacimiento de los autómatas; así como también la historia y definición de los PLC's, incluyendo sus ventajas y desventajas, y la comparación entre las tecnologías de mando cableadas y programadas.

El capítulo dos muestra los componentes de los PLC's, dando una descripción individual de sus elementos, su estructura física externa y los equipos periféricos disponibles que ayudan al funcionamiento y programación de estos.

El capítulo tres comprende la programación de PLC's, en donde se muestra en primer término una metodología para la escritura de programas, así como sus diversas instrucciones y/o simbología de programación incluyendo temporizadores y contadores, y por último un estudio breve referente a los tipos de lenguajes de programación.

En el capítulo cuatro se da en forma breve la importancia del mantenimiento de los PLC's, desde su instalación, cableado, puestas a tierra y a punto, y en forma práctica la indentificación y resolución de averías.

El capítulo cinco contiene lo referente a los criterios a considerar para la adquisición de un PLC y sus diversos factores, así como una lista completa de los fabricantes de este dispositivo.

En lo que se refiere a los elevadores, para su estudio se le dedican dos capítulos (6 y 7).

El capítulo 6 comprende la historia de los elevadores, así como la descripción breve de cada uno de los elementos fundamentales y complementarios que conforman un elevador.

El capítulo 7 menciona los diferentes tipos de maniobras de los elevadores y las instalaciones eléctricas que componen los circuitos principales.

Una vez ya comprendidos los conceptos fundamentales que abarcan a los dos temas desarrollados se procede al desarrollo del prototipo, mismo al que se le dedica el último capítulo.

El capítulo 8 presenta el proyecto de maniobra y control del elevador, con un anteproyecto, una lista del material a utilizar y una serie de fotografías que muestran el desarrollo de este; también presenta la descripción del sistema de control (PLC a utilizar), además del programa desarrollado en diagrama de escalera y en lista de instrucciones, y por último una amplia descripción del funcionamiento del elevador construido (prototipo).

CAPÍTULO

1

**INTRODUCCIÓN A LOS
CONTROLADORES LÓGICOS
PROGRAMABLES**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

1.1. ANTECEDENTES (AUTOMATIZACIÓN).

En los comienzos de la industria las máquinas eran gobernadas principalmente a mano e impulsadas desde un eje de transmisión común, pero con el crecimiento de la demanda y una mayor producción, la máquina adquirió un nuevo aspecto. Se prescindió del eje de transmisión y se introdujo el motor eléctrico en cada máquina.

Este cambio permitió realizar los arranques, paradas e inversiones del motor con más frecuencia y más rápidamente. Es aquí donde vemos nacer el motor electromagnético, que se basa en contactos móviles y núcleos magnéticos, los cuales al energizarse generan un campo magnético que atrae la parte móvil de los contactos cerrándolos o abriéndolos según su diseño.

Y así de la misma manera que el arrancador electromagnético liberó a la máquina del eje de transmisión, el control estático esta liberando a la máquina y al operador de los servicios del relé y el contactor magnético de acción lenta.

La aparición del control estático abre un nuevo y vasto campo de posibilidades para las máquinas y los procesos de producción industriales, sin embargo, para cualquier instalación de un solo motor con funciones de control relativamente sencillas y en las que algunos millones de operaciones constituyen un factor de duración o vida útil satisfactoria, el circuito de control magnético es y seguirá siendo la solución más práctica y económica de control, pero cuando las demandas del circuito requieren un número importante de operaciones de control, cuando la rapidez del funcionamiento constituye un factor primordial y cuando es esencial una vida larga en términos del número de operaciones, el control estático o tecnología programada mediante el uso de circuitos lógicos llega a ser económicamente factible e incluso imperativo.

Otro factor que debe ser considerado cuando se elige un sistema para controlar una máquina o proceso, es el requisito de espacio para los componentes de control.

El uso de control electromagnético en un sistema complicado, exige bastante espacio disponible, mientras que el espacio que se necesita para los dispositivos de control estático o tecnología programada es mucho menor. También las condiciones ambientales y atmosféricas son otras razones que pueden ser consideradas para el uso del control estático o tecnología programada.

En el control estático o tecnología programada, no se tienen partes móviles expuestas a desgaste ni requieren ajustes. Tampoco tienen contactos que se puedan quemar o en los que se deposite la suciedad o materias extrañas y por lo tanto no requieren atención de limpieza.

El control estático o tecnología programada proporciona una velocidad mucho más alta de funcionamiento, tal como lo requieren la mayoría de las máquinas y procesos industriales modernos.

Se pueden realizar muchas funciones de control en ambientes adversos en los que los dispositivos magnéticos de control quedarían destruidos, o por lo menos su vida se acortaría por las sustancias químicas y otras materias contenidas en el ambiente, en general, esto no es gran inconveniente cuando se emplean los dispositivos estáticos o tecnologías programadas.

En lo que se refiere estrictamente a la automatización una de las razones de que esta tenga crecientes aplicaciones, son las múltiples ventajas que ésta proporciona, así encontramos que muchas de las veces se ha hablado de la competitividad global, en donde los nuevos paradigmas, son una constante hacia el nuevo milenio y en donde se manifestará la desaparición gradual de los límites ideológicos y la transición hacia los mercados globales.

La automatización mejora todos estos aspectos de tal manera que su aplicación, será un factor crucial en la competitividad, ya que hoy se manejan conceptos tales como: calidad total, cero defectos, productividad, excelencia, etc. Y la automatización mejora todos estos aspectos anteriores. Pero únicamente es eso, una herramienta, pero con eso no se quiere decir que resuelve todos los problemas del área productiva, de una vez y para siempre.

Se puede decir que históricamente el desarrollo industrial se ha clasificado en tres fases o periodos, que son:

1. Automatización mecánica inflexible. En este periodo, las ideas de automatización fueron básicamente mecánicas o electromecánicas, por ejemplo, se usaban las levas o microinterruptores para controlar secuencias simples.

2. Automatización flexible con ayuda de la electrónica. El desarrollo de la electrónica, de la neumática y de la hidráulica, permitieron al principio de los sesentas, gran flexibilidad de la automatización de la producción.

En esta época se perfecciona la tecnología de los semiconductores, creando una revolución en el mundo de la computación y en consecuencia en el control de maquinaria y de procesos de producción, haciendo posible secuencias de operación más complejas.

3. El desafío del futuro será la adaptación de la práctica informática aplicada a la producción, incluso en sectores como la micro y pequeña industria; existen componentes de sistemas automatizados que incluyen máquinas herramientas de control numérico, robots industriales, elementos hidráulicos y neumáticos flexibles (servoneumática y servohidráulica), así como CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES y terminales de diálogo hombre-máquina (sistemas de monitoreo).

1.2. HISTORIA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Como resultado de un esfuerzo de investigación iniciado por General Motors Co. en 1968, los Controladores Lógicos Programables (PLC's) se erigieron como la alternativa para reemplazar a los relevadores electromecánicos y el alambrado lógico que se asocia a los mismos. Tradicionalmente, éstos últimos se encontraban montados en un tablero de construcción rígida próximo a los equipos que tenían que accionar. No obstante, y si bien dicha rigidez es buena (ya que resiste las agresiones externas de un ambiente fabril), es contraproducente desde el punto de vista de la manufactura flexible.

En una empresa automotriz, por ejemplo, los cambios en los procesos de manufactura son muy dinámicos y la secuencia debe modificarse periódicamente en cada una de las estaciones de trabajo para ajustarse a la demanda de las líneas de automóviles que reclama el mercado. Así, para modificar las secuencias de fabricación en un tablero rígido se debe rediseñar todo, agregando o quitando relevadores, creando o eliminando nuevas rutas para el alambrado, de tal manera que la

inversión en recursos (tiempo y dinero) incrementa considerablemente los costos de producción.

Aunque General Motors implementó su diseño de PLC con lógica booleana en un computador Digital PDP-14, es a la empresa Bedford Associated a la que se debe el desarrollo del primer PLC, disponible comercialmente bajo el nombre de Modicom 084 (se trata, justamente, del proyecto 84 de la firma). De lo anteriormente mencionado se debe resaltar el impacto del primer lenguaje de programación que nació junto con este primer PLC: el lenguaje de "lógica de escalera". Desarrollado por un equipo de trabajo de la misma firma con Richard Morley a la cabeza, (considerado el padre de los PLC's), que permite programar las secuencias en un PLC utilizando símbolos adaptados a los diagramas eléctricos convencionales, de manera que cualquier buen electricista es capaz de interpretar sin confusión.

Este lenguaje se ha enriquecido con nuevas funciones, pero en lo fundamental sigue siendo de fácil asimilación para los técnicos que necesitan programar funciones discretas no muy complejas. Existen otros lenguajes mucho más poderosos que se han desarrollado recientemente y sobre los que se hablará más adelante.

La evolución que ha experimentado el PLC hasta nuestros días se puede sintetizar en las etapas que se describen a continuación:

1) Los primeros equipos aparecen en 1968, emplean memorias de ferritas y un procesador cableado a base de circuitos integrados para construir la unidad central. Su aplicación se centra en la situación de maniobras de relés que controlan máquinas o procesos típicamente secuenciales, máquinas o líneas de montaje, cadenas de transporte, distribución y almacenamiento de material.

2) En la primera mitad de la década de los 70's, incorporan la tecnología del microprocesador, lo que permite aumentar sus características:

- Incorporación de los elementos de interconexión hombre-máquina.
- Manipulación de datos.
- Operaciones aritméticas.
- Comunicación con ordenador.

Su aplicación aumenta las prestaciones de la máquina, ya que con la capacidad de tratamiento numérico el PLC puede desarrollar acciones correctivas en curso de funcionamiento.

3) La segunda mitad de la década de los 70's, se caracteriza por una constante mejora de prestaciones y el desarrollo de elementos especializados.

- Incremento de la capacidad de memoria.
- Posibilidad de E/S (remotas).
- E/S analógicas numéricas, control de posicionamiento.
- Mejoras en el lenguaje de programación (instrucciones potentes).
- Desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenador.

Sus aplicaciones se extienden al control de procesos, al poder efectuar lazos de regulación trabajando con los dispositivos de instrumentación. En ésta etapa, el PLC desarrolló el centro adaptivo sin intervención del operador. Otros campos de aplicación son el posicionamiento mediante entradas lectoras para codificadores y salidas de control de motores paso-paso, la generación de informes de producción y además el empleo de redes de comunicación. Por otra parte la disponibilidad de E/S remotas aporta una considerable reducción de costos en grandes instalaciones.

4) En la década de los 80's y la primera mitad de la década de los 90's, se han incorporado masivamente los avances de la tecnología de microprocesadores consiguiendo:

- Alta velocidad de respuesta (ciclo de ejecución).
- Reducción de las dimensiones, particularmente por la mayor densidad en las agrupaciones de circuitos de E/S.
- E/S inteligentes servocontroladores, (controladores PID).
- Mayor capacidad de diagnósticos de funcionamiento.
- Capacidad de almacenaje de grandes cantidades de datos.
- Mejoras en el lenguaje:
 - instrucciones de bloque.
 - instrucciones de cálculo matemático con datos en notación de coma flotante.
- Lenguajes alternativos:
 - lenguaje de bloques funcionales.
 - lenguaje de diagramas de fases (GRAFSET).
 - lenguajes de alto nivel (tipo Basic).



Fig. 1.1. Amplia gama de Controladores Lógicos Programables.

También en estos últimos años han aparecido equipos pequeños y compactos que, junto con la reducción de los precios, ha hecho que la aplicación se extienda a todos los sectores industriales.

Los fabricantes han desarrollado familias de productos que comprenden equipos desde 6 entradas y 8 salidas, hasta grandes controladores capaces de gobernar hasta 10,000 E/S y memorias de 128 K.

El campo de aplicación cubre desde el mismo nivel de automatización de una secuencia de enclavamientos, hasta el control completo de un proceso de producción continua. En la figura 1.1 se muestra una gama de Controladores Lógicos Programables SY/MAX modelo 50.

1.3. DEFINICIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC: Programmable Logic Controller), o Automata Programable, a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal del área eléctrica o electrónica sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

El estándar NEMA ICS3-1978 proporciona la siguiente definición de PLC: "Dispositivo electrónico operado digitalmente que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones a fin de implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuencias, tiempo, conteo y aritméticas, y así controlar varios tipos de máquinas o procesos a través de módulos de entrada/salida analógicos o digitales".

Un PLC se compone de: módulos E/S, unidad de memoria principal, unidad de procesamiento central (CPU) y fuente de suministro, que alimenta el voltaje requerido por el dispositivo. Para que todos estos componentes operen coordinadamente y generen las señales de control que necesita el proceso se utilizan lenguajes de programación muy especializados.

También se le puede definir como una "caja negra" en la que existen terminales de entrada a las que se conectarán pulsadores, interruptores límites, fotocélulas, detectores, etc., y unas terminales de salida, a las que se conectarán bobinas de contactores, bobinas de arrancadores, electroválvulas, lámparas de señalización, etc. Así que la actividad de estos últimos, está en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

Esto quiere decir que los elementos tradicionales como relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores, contadores, etc., son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el "programa", que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida.

Otra definición de un Controlador Lógico Programable, es una computadora electrónica industrial amigable que realiza funciones de control de muchos tipos y niveles de complejidad. Puede ser programado, controlado y operado por una persona inexperta en manejo de computadoras. Un controlador lógico programable dibuja las líneas y dispositivos de diagramas de escaleras.

El resultado de dibujar en la computadora toma el lugar de una gran cantidad de alambrado externo requerido para el control de un proceso. El PLC operará cualquier sistema que tenga dispositivos de salida que van a encendido o apagado (estados lógicos, todo o nada). Puede también operar con cualquier sistema de salida variable. El PLC puede ser operado sobre el módulo de entradas al igual que el módulo de salidas por dispositivos on/off (todo o nada) o por dispositivos de entrada variable.

1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC's.

Aun cuando en un principio existen características afines para la mayoría de los PLC's, no todas ofrecen las mismas ventajas, ello se debe, principalmente a la variedad de los diferentes modelos existentes en el mercado (incluso para una misma marca) y a las innovaciones técnicas que surgen constantemente.

Tales consideraciones nos obligan a referirnos a las ventajas que proporciona un PLC del tipo medio.

1.4.1. VENTAJAS DEL PLC.

- **Flexibilidad.** En el pasado, cada máquina controlada electrónicamente requería su propio controlador, por ejemplo, 15 máquinas requerían 15 diferentes controladores. Ahora es posible emplear un solo PLC para hacer trabajar cualquiera de las 15 máquinas, porque bajo el control del PLC cada máquina puede tener su propio programa de control.

- **Modificación del programa y corrección de errores.** Con panel tradicional de lógica cableada, cualquier alteración al circuito requiere mucho tiempo para recablear tableros de control. Con un PLC se pueden hacer cambios rápida y fácilmente a través de la terminal de programación y no es necesario recablear. También si hay un error en la programación puede corregirse rápidamente con la terminal de programación.

- **Gran cantidad de contactos.** Un PLC tiene un gran número de contactos para cada una de las bobinas disponibles en su programación. Suponga que un panel tradicional con relevadores cableados tiene 4 contactos y todos están en uso cuando por necesidades de control se hace un cambio en el diseño requiriéndose tres contactos más. Esto significaría que debe tomarse en cuenta el tiempo necesario para instalar un nuevo relevador o un block de contactos auxiliares. Sin embargo, empleando un PLC, sólo se requiere programar esos contactos adicionales y automáticamente estarían disponibles. Claro está que un ciento de contactos pueden usarse para una sola bobina, si existe suficiente memoria disponible en el PLC.

- **Menor costo.** El avance tecnológico ha hecho compactar diversas funciones en equipos pequeños y cada vez más económicos. En los 90's es posible comprar un PLC con un gran número de relevadores, temporizadores, contadores, secuenciadores, tambores, etc., por unos cuantos cientos de dólares, en suma, un PLC siempre será más económico que su equivalente en equipos de lógica cableada.

- **Pruebas preliminares.** Un circuito de control programado en un PLC, puede ser prearrancado y evaluado en la oficina o en el laboratorio. En estas condiciones, el programa al ser pre-aprobado, observado y modificado si es necesario, ahorra tiempo valioso en la fábrica. En lo que se refiere a la tecnología por relevadores, deben ser aprobadas en las propias plantas, lo cual puede consumir tiempo invaluable en áreas de producción.

- **Observación visual.** La operación de un circuito programado en un PLC, puede ser observada directamente en una pantalla, tal y como sucede en un momento específico, de esta forma pueden solucionarse problemas más rápidamente.

En sistemas de PLC avanzados, se pueden programar mensajes al operador para cada posible falla. La descripción de la falla aparece en pantalla cuando es detectada por el PLC (por ejemplo: "SOBRECARGA EN EL MOTOR # 7"), también se pueden tener descripciones de cada componente del circuito. Por ejemplo: la entrada # 1 en el diagrama podría tener "INTERRUPTOR LÍMITE DE BANDA TRANSPORTADORA" como una descripción.

- **Velocidad de operación.** Los relevadores tradicionales pueden tomar un tiempo considerable para actuar. La velocidad de operación para ejecutar un programa en un PLC es muy rápida y está determinada por el tiempo de SCAN (búsqueda), el cual es un asunto de milisegundos.

- **Método de programación de escalera (ladder) o booleano.** La programación del PLC puede llevarse a cabo en lenguaje de escalera por un técnico. Existen también PLC's que pueden ser programados en lenguaje booleano a través de la terminal de programación.

- **Confiabilidad.** En general, los equipos de estado sólido son más confiables que los relevadores y temporizadores electromecánicos. Los PLC's están fabricados con componentes electrónicos de estado sólido con altos estándares de confiabilidad.

- **Sencillez para disponer de elementos de control.** Un PLC es un equipo muy completo, cuando se adquiere un PLC, se dispone de contadores, relevadores y otros componentes de manera inmediata. Por otra parte, cuando se tiene un tablero convencional de lógica cableada, se pueden tener 20 diferentes relevadores y temporizadores de diferentes marcas, que traen como consecuencia elevadas e importantes pérdidas de tiempo cuando no se dispone de partes de repuesto. Con un PLC se tiene de inmediato disponibilidad de elementos adicionales.

- **Documentación.** Si se requiere, un circuito de control programado en un PLC, puede imprimirse en minutos. No es necesario buscar en archivos, planos o diagramas. Con el PLC se imprime un circuito, mostrando el estado de los componentes en un momento específico haciendo más fácil la tarea de verificación y mantenimiento.

- **Seguridad.** Un programa en un PLC no puede ser cambiado a menos que se tenga código de acceso, al propio programa y a la terminal de programación. En los tableros de control por relevadores, a menudo se realizan cambios sin que se lleven registros.

- **Fácil programación.** Si se requiere hacer algún cambio en la programación, se efectúa en cuestión de segundos.

1.4.2. DESVENTAJAS DEL PLC.

- **Tecnología más nueva.** Es difícil cambiar la forma de pensar del personal técnico, de la tecnología tradicional de relevadores hacia la tecnología programada por PLC.

- **Aplicaciones en programas fijos.** Un PLC tiene múltiples elementos que pueden adecuarse a diversos programas. Así, si el circuito de control es pequeño y prácticamente no tiene cambios, es posible que un PLC no sea necesario, además los relevadores tradicionales serían menos costosos. El PLC es más efectivo cuando se realizan cambios periódicos en los sistemas de control.

- **Consideraciones ambientales.** Ciertos procesos ambientales, por ejemplo donde se manejan altas temperaturas y vibraciones interfieren con equipos electrónicos en los PLC's, lo que limita su uso.

- **Operación a prueba de falla.** En sistemas de relevadores, el botón de paro desconecta circuitos y si la alimentación falla, el sistema para. Además, los sistemas por relevador no restablecen la energía cuando ésta regresa. Esto puede programarse con un PLC. Sin embargo, en ciertos PLC, se necesita aplicar un voltaje a una entrada para poder parar el equipo. Estos sistemas no son "contra falla". Esta desventaja puede superarse agregando relevadores de seguridad en los sistemas controlados por PLC. La figura 1.2 muestra la utilización de un PLC para operar un tablero controlador.

1.5. COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE MANDO CABLEADAS Y PROGRAMADAS.

Los avances tecnológicos han permitido que los procesos de producción sean cada vez más eficientes y confiables.

Uno de estos avances es la creación de los controladores lógicos programables (PLC's), los cuales son computadoras especiales que realizan tareas de control que anteriormente se venían realizando con el cableado de relevadores.



Fig. 1.2. Utilización de un PLC dentro de la industria, operando sobre un tablero electrónico.

De lo anterior se desprende que en la actualidad existen dos técnicas de control, el control por cableado o control convencional y el control por programa.

Control por cableado

Con una tecnología cableada, el automatismo se logra por los módulos conectados entre sí. El funcionamiento obtenido resulta de la elección de estos módulos y del cableado que los conecta. En todos los casos, el automatismo es por su realización material, muy específico.

En esta técnica de control, la forma en que se interconectan los diferentes elementos de control, tales como: botones, sensores, relevadores electromagnéticos, módulos lógicos neumáticos, tarjetas o módulos electrónicos, actuadores, etc., determinan la secuencia de control que se realizará.

En un circuito de control, el cambio en la lógica de control no implicaría mayores inconvenientes, sin embargo si este circuito es muy grande, los problemas del cambio serían considerables.

Control por programa

Por el contrario, con una tecnología programada, el automatismo se realiza por la programación de constituyentes previstos para ese efecto. El funcionamiento obtenido resulta de la programación efectuada.

Aquí encontramos: tarjetas electrónicas estándares, micro y mini-ordenadores, controladores lógicos programables.

En el control por programa, los elementos de campo se conectan a las terminales del control lógico programable (PLC) en forma independiente a la secuencia de control que se vaya a realizar, ver la figura 1.3.

De lo anterior se desprenden las siguientes ventajas del control por programa:

- Independencia del cableado

Ya que la conexión de los elementos de campo es independiente de la secuencia de control, cuando ésta requiera ser modificada no será necesario reconectar los elementos de campo, únicamente se requerirá hacer las modificaciones necesarias, en el programa de control.

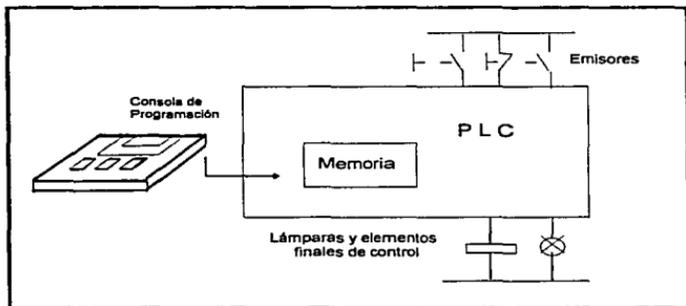


Fig. 1.3. Conexión de una consola de programación al PLC.

- Optimización de espacio

Ya que la secuencia de control se realiza por programa y no por conexión de elementos tales como relevadores de control o temporizadores, el espacio requerido para realizar una cierta tarea de control es mucho menor en el caso de control por programa que en el de control por cableado.

- Depuración del programa

El programa de control se puede probar por partes de tal manera que es más sencilla la detección de problemas durante la puesta en marcha.

CAPÍTULO

2

COMPONENTES

DE

LOS PLC's

CAPÍTULO 2

COMPONENTES DE LOS PLC's

2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN PLC.

A continuación se da una descripción breve de cada componente.

2.1.1. FUENTE DE PODER.

Esta sección incluye los circuitos necesarios para convertir la corriente alterna que alimenta la planta a los diferentes niveles de voltaje que se necesitan, para a su vez alimentar los circuitos electrónicos. La fuente de poder contiene circuitos de aislamiento entre el voltaje de suministro y los componentes electrónicos del PLC.

Así, se impide el paso a los picos transitorios de alto voltaje que se encuentran generalmente en el suministro de la planta. El tamaño de la fuente y su diseño facilitan la disipación de calor que necesitan los circuitos, razón por la cual el dispositivo puede operar en ambientes con temperaturas extremas. En algunas instalaciones industriales se encuentran sometidos a temperatura ambiente de más de 55 °C.

2.1.2. MÓDULOS DE ENTRADA/SALIDA (E/S).

El control efectivo de una máquina o proceso se basa en un continuo intercambio de información entre el equipo de control y dicho proceso.

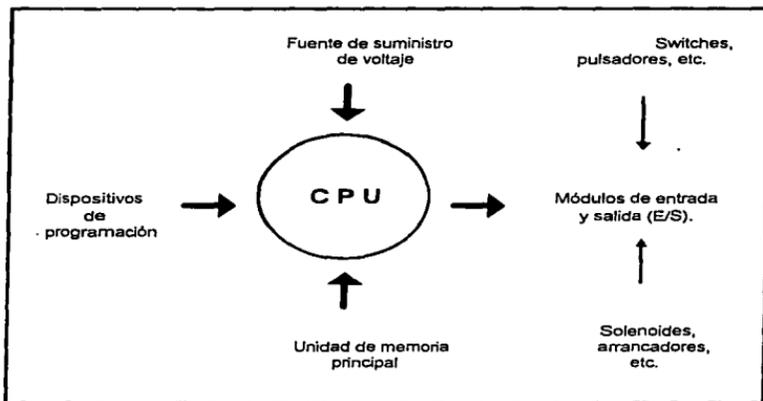


Fig. 2.1. Esquema simplificado del sistema de un PLC.

El sistema de entradas y salidas de un autómeta programable industrial, está formado por un conjunto de módulos o tarjetas y estructuras de soporte de los módulos o bastidores de montaje que tienen las siguientes funciones:

a) Adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo a la de los elementos electrónicos del autómatas y viceversa.

b) Proporciona una adecuada separación eléctrica entre los circuitos lógicos y los circuitos de potencia.

c) Permitir, mediante el soporte físico la identificación de los dispositivos de entradas y salidas para la correcta ejecución de las secuencias de control programadas.

Una vez programado el CPU del PLC se tendrá información a través de los módulos de entradas y salidas. Las terminales del módulo de entradas reciben señales de los cables conectados a interruptores, botones, pulsadores, sensores y otros equipos. Las terminales del módulo de salidas accionan para permitir que valores de voltaje mayores, energicen bobinas de contactores, arrancadores y válvulas logrando que los equipos de salida trabajen. Véase la figura 2.1.

Normalmente se encuentran de 4, 8, 12 o 16 terminales por módulo, y generalmente es mayor el número de terminales para las entradas que para las salidas.

En PLC's más pequeños, las terminales de entrada y salida están incluidas en un mismo bloque o unidad.

En PLC's más grandes, los módulos de entradas y salidas están separados del CPU y se colocan en grupos sobre racks o gabinetes. Los racks son conectados al CPU a través de conductores que tienen multiconductores.

Típicamente arriba de 250 terminales pueden ser controladas utilizando únicamente de 9 a 24 alambres interconectores. El número exacto de alambres está determinado por el tipo de configuración de la computadora, usado de tal terminal al CPU para el intercambio de información. Las señales de control eléctrico desde el CPU hasta la terminal E/S son codificadas y decodificadas electrónicamente, haciendo innecesario el empleo de 256 cables para 256 terminales.

Siempre se debe tomar muy en cuenta el voltaje y la corriente para los módulos de entradas y salidas, debido a que el equipo puede afectarse si se toman diferentes voltajes y corrientes señalados al del fabricante. Por lo tanto debe de respetarse lo estipulado por el fabricante.

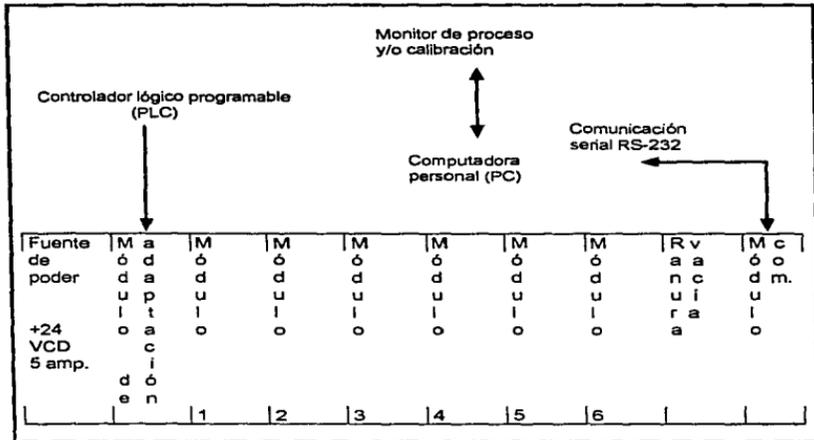


Fig. 2.2. Gabinete con módulos E/S.

De este modo, en función de los valores de entrada, el PLC canaliza las salidas mediante el módulo E/S hacia los dispositivos de control y monitoreo: válvulas, motores, bombas y alarmas. Cuando el dispositivo de salida requiere un gran consumo de corriente (motor, calentador eléctrico, etc.), la salida del módulo E/S no actúa directamente sobre el dispositivo, sino que lo hace de manera indirecta, a través de una bobina de arranque u otro equipo similar que sea capaz de manejar grandes cargas de corriente.

Para facilitar su manejo y agilizar su montaje, los módulos se construyen sobre tarjetas de circuito impreso con terminales de conexión rápida. Se acostumbra montar un cierto número de módulos en gabinetes especialmente diseñados para que en la parte posterior corra un bus que facilite el intercambio de señales entre las unidades. Las ranuras donde se montan están diseñadas bajo un estándar universal, de tal manera que las tarjetas se pueden intercambiar sin afectar su funcionalidad.

En resumen, los módulos E/S se comportan como circuitos multiplexores de alta velocidad que permiten el intercambio de las señales de E/S con el procesador central de la unidad. Resulta importante notar que un módulo con alta densidad de entradas consume mayor corriente eléctrica, por lo que es fundamental que el ingeniero calcule el consumo de corriente del total de módulos montados en el gabinete, y de esta manera, evite que la fuente de suministro se sobrecargue.

Los proveedores de PLC's se apegan a estándares muy precisos en la manera como diseñan la parte posterior del gabinete, donde se encuentran las ranuras que reciben a los módulos. El objetivo de estos estándares es permitir que productos de otros proveedores puedan coexistir con el sistema. Véase la figura 2.2.

2.1.3. MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DISCRETAS, ANALÓGICAS Y DIGITALES.

Los módulos E/S tienen tres modalidades de procesamiento: discreto, analógico y digital. El primero se refiere a las operaciones que solamente tiene dos posibilidades: abierto/cerrado, arriba/abajo, conectado/desconectado, etc. Por analógico se entienden aquellas operaciones que pueden tomar múltiples valores dentro de su rango: incremento de temperatura en un horno, decremento de presión en un tanque cerrado, etc. Se da la categoría de digital a aquellas señales que utilizan un código binario (por ejemplo, BCD) para la transferencia de datos (tabla 2.1).

Tabla 2.1

Entradas Discretas	Salidas Discretas	Señales Discretas de E/S
Circuitos interruptores Celdas fotoeléctricas Interruptores de límite Compuertas lógicas Sirenas de alarma Detectores de proximidad	Anunciadores Relevadores eléctricos Ventiladores eléctricos Luces	5, 12, 48, 120, 230 VCD 24, 48, 120, 230 VCA Contacto por relevador
Entradas analógicas	Salidas analógicas	Señales analógicas
Transmisores de flujo Transmisores de presión Transmisores de nivel Transmisores de temperatura Instrumentos analíticos	Medidores analógicos Accionador de motores eléctricos Transductor L/P Registrador de gráfica Válvulas eléctricas	4-20 miliamperes 1-5 volt Minivolt (termopares)
Entradas digitales	Salidas digitales	Señales digitales
Codificadores digitales Lectores de código de barras	Desplegados LED Tableros inteligentes	Códigos binarios

Las entradas discretas producen dispositivos externos del tipo de pulsadores, interruptores de proximidad, etc. Las salidas discretas son dispositivos generalmente montados en el campo del tipo de motores, calentadores eléctricos y elevadores, entre otros. Las entradas analógicas son producidas por dispositivos externos del tipo de termopares, transistores de señal (4-20 mA), etc. Las salidas analógicas son dispositivos del tipo de válvulas de control, servomotores, etc. Las E/S digitales están generalmente relacionadas con temporizadores y contadores electrónicos.

D. En la figura 2.3 aparecen las interfaces digital/análogica del TSX 07 de Telemecanique-Square

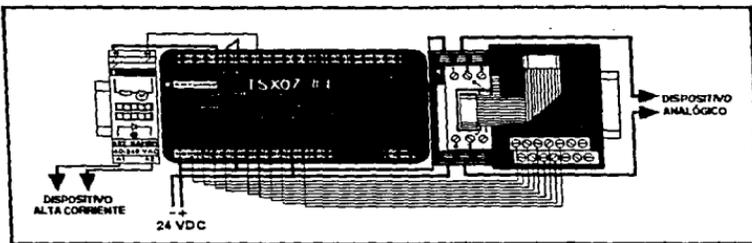


Fig. 2.3. Nano TSX 07 - Interfaces digital/análogica.

2.1.4. UNIDAD DE MEMORIA PRINCIPAL

Los PLC's almacenan en memoria la información que necesitan para efectuar las funciones de control. La memoria interna consiste en un arreglo de celdas magnéticas ordenadas en forma de columnas y renglones (matriz). En cada intersección de las mismas se encuentra definida una celda. Con este arreglo es muy fácil establecer las direcciones de memoria para describir o leer los datos que se encuentran grabados en las celdas.

Las dos categorías más utilizadas para establecer la memoria se conocen como ROM y RAM.

En los circuitos integrados de la ROM, la información sólo se puede grabar una vez, de tal manera que aunque se suspenda el suministro a las celdas, la información no se borra. En el segundo caso, las celdas de memoria pueden escribirse y borrarse tantas veces como sea necesario. Entonces, las memorias ROM se utilizan para guardar la información del sistema operativo que permite operar al dispositivo, en tanto que la RAM se emplea para grabar los programas de aplicación que diseña el usuario a fin de que el PLC lleve a cabo la función de control que se le especifique.

Operativamente, la memoria se compone de: memoria de ejecución, memoria de trabajo, memoria de control de programas y de tablas de datos. La memoria de ejecución contiene los programas del sistema operativo de la unidad; la de trabajo es un área de almacenamiento temporal donde se efectúan cálculos intermedios con una cantidad limitada de datos; en el tercer tipo de memoria se almacenan todos los programas elaborados por el usuario para llevar a cabo las rutinas de control que se necesitan; y finalmente, la memoria de tablas de datos almacena los valores de las constantes que se necesitan para efectuar las acciones de control.

El tamaño de la memoria es un factor muy importante, que se debe considerar cuando se selecciona un PLC. Mientras más grande sea la memoria del dispositivo, mayor será el número de programas de aplicación y los datos de operación correspondientes que se puedan almacenar. La memoria que se encuentra en los dispositivos de pequeña capacidad son del orden de 4 Kb. Los dispositivos de media capacidad ofrecen de 50 a 100 Kb, y los modelos más modernos utilizan memoria RAM/flash del orden de 600 a 1000 Kb.

2.1.5. PROCESADOR O UNIDAD CENTRAL DE PROCESO.

El procesador central o CPU determina la potencia de operación del PLC. Como se ha descrito, este tiene conectadas múltiples entradas y salidas. Los PLCs de rango bajo cuentan con 200 E/S digitales y 16 E/S analógicas. Los de rango medio aceptan 500 E/S digitales y 50 E/S analógicas. Y los de rango alto tienen 4000 E/S digitales y 256 E/S analógicas.

El procesador opera a base de ciclos de barrido, es decir, el recorrido que efectúa para examinar cada uno de los estados de las entradas y/o salidas que se reciben en los módulos E/S conectados al PLC. Obviamente, entre más entradas y salidas se tienen que examinar, el procesador debe realizar más consultas, y cada una de ellas consume tiempo.

Para calcular el tiempo de ciclo sólo hay que sumar el utilizado en cada una de las consultas que se llevan a cabo en un barrido completo.

En la actualidad, los proveedores de PLC's utilizan circuitos microprocesadores con velocidades equivalentes al desempeño de un Intel 386/33 MHz en el rango bajo, 486DX/50 MHz en el medio y 486DX4/100 MHz en el alto. Con los procesadores tipo Pentium, es posible calcular los desempeños típicos en el tiempo de barrido. Si se toma como base una carga de 1,024 instrucciones binarias, es posible estimar el siguiente desempeño: rango bajo de 2 mseg; medio, de 1 mseg; alto, de 0.6 mseg; y muy alto, de 0.2 mseg.

La unidad central de proceso (CPU) de un autómatas comprende esencialmente dos componentes: el procesador y la memoria.

Bajo el aspecto funcional, el CPU del autómatas realiza todas las tareas de control; es decir en la adquisición de información y gobierno de los accionadores del proceso a controlar, como es el caso de funciones internas de vigilancia para el adecuado funcionamiento de los componentes del equipo.

Procesador: es el encargado de la adquisición y actualización de los estados de entradas y salidas, con base en la interpretación de las instrucciones en la memoria de programa, usuario y funciones internas.

Memoria: Almacena las instrucciones del programa de entradas y salidas, estados internos y datos.

El tamaño del CPU dependerá del tamaño del proceso a desarrollar. Si se contemplan operaciones pequeñas de control, un PLC con memoria limitada sería el adecuado. Mientras que si se desea controlar una operación compleja, sería necesario utilizar un PLC con mayor capacidad de memoria y de funciones; lo que radica en que éste sea más grande de tamaño.

La gran mayoría de los CPU's tiene una alimentación eléctrica adicional, la que permite que en cualquier tipo de falla, ésta alimentación adicional o de respaldo mantendrá trabajando el sistema, con un tiempo de soporte de un mes a un año. No perdiéndose la información; sin embargo lo que si se vería afectado es el control del proceso.

Los CPU's tienen la característica de que cualquier persona no autorizada arranque el sistema; esto se realiza a través de un interruptor puesto en operación; y su posición varía de acuerdo a cada fabricante. Las posiciones típicas son:

- *OFF*: el sistema no puede ponerse en marcha (run), o ser programado.
- *Run*: permite que el sistema trabaje, pero no se puede alterar el programa.
- *Monitor*: muestra sobre la pantalla información acerca de la operación realizada.
- *Run/Program*: en este modo, el programa no puede ser completamente borrado (por seguridad), pero sí puede ser modificado. Para borrar el programa entero la tecla debe estar en posición *OFF*.
- *OFF/Program*: El sistema no puede correr, pero puede ser programado, o reprogramado.

2.2. ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC.

Se tienen dos clasificaciones de la estructura externa del PLC:

- a) *Estructura compacta.*
- b) *Estructura modular.*

a) *Estructura Compacta.* Se identifica por la inclusión del CPU, sistema de alimentación, módulo o sección de entradas y módulo o sección de salidas en un solo bloque, el cual contiene una entrada especial para la terminal de programación o programador. La figura 2.4a muestra algunos PLC's de estructura compacta que hay en el mercado.

b) *Estructura Modular.* Se identifica por su división en dos partes :

Estructura Americana: esta estructura va a separar las entradas de las salidas en módulos distintos en diferente posición, dejando así en un solo bloque el CPU y el sistema de alimentación.

Estructura Europea: su misión es separar todo en módulos o bloques, lo que significa que se tendrá un módulo para el CPU, otro módulo para las entradas y otro módulo para las salidas. Véase la figura 2.4b.

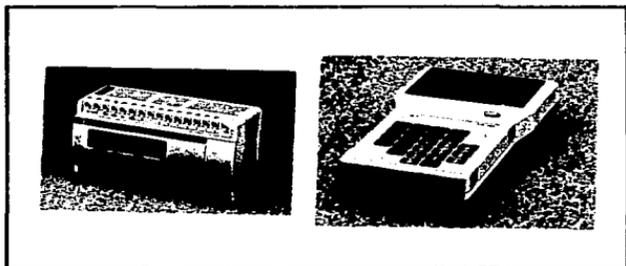
Las desigualdades en los tipos de estructura modular y compacta están señaladas en la tabla 2.2.

Tabla 2.2

Estructura Modular	Estructura Compacta
Utiliza más espacio Es más costosa Tiene mayor capacidad de entradas y salidas Más posibilidades de expansión	Ocupa menos espacio Es más económica Su capacidad de E/S es reducida Limitadas posibilidades de expansión

2.3. EQUIPOS PERIFÉRICOS.

Se agrupan bajo esta denominación aquellos equipos o elementos auxiliares del sistema de control que no intervienen directamente en la elaboración del programa ni en la ejecución de la secuencia de control; pero se encuentran enlazados con el autómata programable, como elementos auxiliares y físicamente independientes del autómata; los equipos periféricos realizan funciones concretas de gran importancia. La figura 2.5



a). Estructura compacta.



b). Estructura modular.

Fig. 2.4. a) Estructura compacta, b) Estructura modular.

A continuación se describen los periféricos más importantes:

-Impresora. Permite obtener en papel el listado de instrucciones o programa del usuario, como temporizadores, contadores, etc. Utilizados así en los esquemas correspondientes.

-Unidad de Cinta o Memoria. Por medio de los cuales se graban los programas en cinta, cassette o chip de memoria.

-Teclado. El teclado se divide en: teclado alfanumérico, numérico y de funciones.

-Disquettes. Tienen la función de guardar la información, limitada a su capacidad de almacenamiento.

Se tienen otros dentro de la gama media o también de gama baja entre los que se encuentran:

- Monitores de tipo TRC.
- Lectores de código de barras.
- Displays y teclados alfanuméricos.
- Unidades de teclado y tests.
- Módulos de interface.

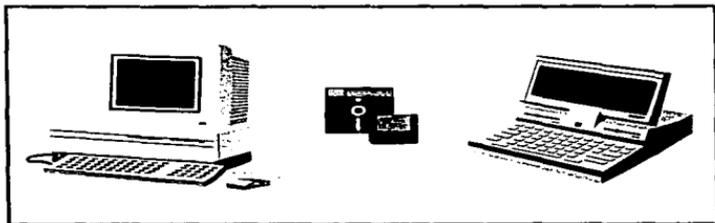


Fig. 2.5. Equipos periféricos para programación y monitoreo.

CAPÍTULO

3

PROGRAMACIÓN

DE

LOS PLC's

CAPÍTULO 3

PROGRAMACIÓN DE LOS PLC's

3.1. METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN.

La programación del autómatas, no es tarea difícil, pero la mejor forma de resolver un problema es definirlo y entenderlo. Escribir instrucciones es un trabajo fácil cuando se han descrito adecuadamente las secuencias de control que permitirán resolver determinado problema de automatización.

De esta manera, cualquiera que sea la magnitud del problema de automatización, hay una serie de pasos previos que hay que realizar para minimizar los errores.

Como ya se mencionó, en primer lugar hay que definir cuál es el trabajo a realizar y cuáles son los requerimientos.

En segundo lugar, partiendo de una tarea ya definida, será necesario establecer la manera en que puede llevarse a cabo, es decir, hay que obtener un algoritmo de control de la máquina o proceso.

Será preciso determinar cuáles son las fases o subtareas que se deben dar, y en qué orden, para obtener el control requerido. Esta etapa de la definición del problema, requiere ya una valoración de los dispositivos de campo que pueden intervenir como variables de entrada y salida. Dicha valoración, permitirá tener en cuenta las restricciones que pueden imponer los dispositivos existentes al algoritmo de control propuesto.

El tipo de aplicación, influye en la forma de preparar los trabajos de programación del autómatas, tomando en cuenta que se trate de una remodelación de un sistema convencional ya en funcionamiento, o de una nueva aplicación.

En el caso de que se trate de la remodelación de un sistema, por lo general, el problema está acotado, ya que la mayoría de los requerimientos están perfectamente definidos, pues sin duda, su "no cumplimiento" habrá influido definitivamente en la decisión de modernizar la instalación.

Para estas aplicaciones se pueden seguir las siguientes etapas :

- 1) Estudio y comprensión de la tarea realizada en el proceso o máquina actual.
- 2) Análisis del algoritmo y lógica de control empleados para su optimización e incorporación de nuevos requerimientos.
- 3) Asignación de direcciones de E/S a los dispositivos de campo que constituyen las variables de entrada y salida, y asignación de direcciones a las variables internas.
- 4) Transcripción de los esquemas lógicos actuales (una vez optimizados) al lenguaje de programación del autómata empleado.

En el caso de nuevas aplicaciones, tendrá mayor influencia la experiencia que tenga el programador respecto a aplicaciones similares; dado el carácter subjetivo que tienen las tareas de programación. De cualquier forma es mejor seguir un método de trabajo como el que se propone mediante las siguientes etapas:

- a) Obtener una descripción funcional del sistema, con el mayor detalle posible, y comprenderla.
- b) Mediante un proceso reiterativo, definir el método de control hasta optimizarlo.
- c) Obtener un diagrama de flujo o de fases de secuencias de operaciones que determinan el método de control.
- d) Asignación de direcciones de E/S a los dispositivos de entrada y salida, y a las variables internas.
- e) Obtener los esquemas lógicos que desarrollan el diagrama de flujo, en el formato habitual del programador.
- f) Transcribir los esquemas al lenguaje de programación del autómata empleado.

La descripción de la tarea de control se obtiene generalmente en forma de documento escrito, intentando que sea lo más simple y explícita posible.

La obtención de un diagrama de flujo o de fases a partir de esa descripción, permite sintetizar de forma gráfica las secuencias definidas en el documento escrito. La creación de este gráfico permite la familiarización con el sistema de control y conduce a una clarificación del mismo permitiendo identificar la tarea de control principal (el tronco del proceso) y las secuencias secundarias o auxiliares. A partir del diagrama de flujo el programador podrá expresar cada secuencia en el formato lógico al que este más habituado.

En un PLC la tarea de automatización, se formula mediante un programa que debe ser escrito en la memoria del controlador. En él, el usuario fija, mediante una serie de instrucciones, la forma en que el controlador debe mandar o regular la instalación.

Para que el controlador pueda "entender" el programa, éste debe estar escrito siguiendo ciertas reglas y un lenguaje de programación.

3.2. PROCESAMIENTO EN EL CONTROLADOR

El programa escrito por el usuario se deposita en la memoria del controlador en forma de configuraciones binarias (denominadas códigos de máquina). El código-máquina contiene todas las funciones de control programadas por el usuario en forma de instrucciones de 16 bits de longitud (palabras), legibles e interpretables por el microprocesador del PLC.

La unidad central de proceso (CPU) procesa sucesiva y ciclicamente las instrucciones contenidas en el programa. Existen dos tipos de procesamiento en el controlador: *el procesamiento lineal y el procesamiento cíclico*.

Procesamiento Lineal.

Existe un apuntador de programa que direcciona las diferentes posiciones de la memoria.

Al inicio del procesamiento, el apuntador direcciona la primera instrucción del programa. El procesador carga, en un registro interno, dicha instrucción, la interpreta y la ejecuta.

Una vez elaborada la primera instrucción, el apuntador direcciona la siguiente instrucción y lleva a cabo su procesamiento: *leer, interpretar y ejecutar*. Estas operaciones se llevan a cabo repetidamente hasta que todo el programa ha sido procesado. A esto se le conoce como procesamiento lineal.

El procesamiento lineal puede interrumpirse mediante saltos. El apuntador de programa se incrementa o decrementa según el parámetro indicado en la instrucción de salto. Posteriormente se restablece el procesamiento lineal.

Procesamiento cíclico.

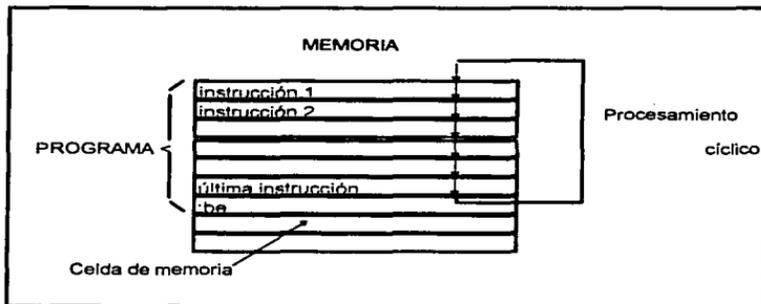


Fig. 3.1. Procesamiento cíclico de un programa.

Después de haberse procesado la última instrucción del programa la unidad de control empieza nuevamente con la primera instrucción y repite la elaboración del programa. Este proceso se repite continuamente y se le conoce como elaboración cíclica o procesamiento cíclico del programa de control (ver figura 3.1).

Tiempo de ciclo.

El tiempo de elaboración de todas las instrucciones de un programa se llama tiempo de ciclo. Este tiempo depende del número y complejidad de las instrucciones que componen el programa.

El tiempo de ciclo es una magnitud importante que determina el tiempo de reacción del sistema. Debido a su importancia existe "un vigilante de ciclo" a través del cual se controla su valor. Si el tiempo de ciclo sobrepasa un valor previamente ajustado, el controlador programable detiene su procesamiento y deja de elaborar el programa de control.

Tiempo de reacción.

En un PLC, debido al procesamiento cíclico de un programa, los comandos o salidas que se originan por la variación de una señal de entrada (reacción del sistema) no es tan rápida como en los equipos de control por cableado. En el PLC, el cambio de estado de una señal de entrada sólo puede determinarse cuando la instrucción de consulta a dicha entrada es procesada. Asimismo, el estado de una salida solo puede modificarse cuando se elabora la instrucción de asignación correspondiente.

El tiempo de reacción de un sistema de control con PLC es igual, en el caso más simple, al retardo en la adquisición de las señales de entrada y salida más el tiempo de ciclo (ver figura 3.2).

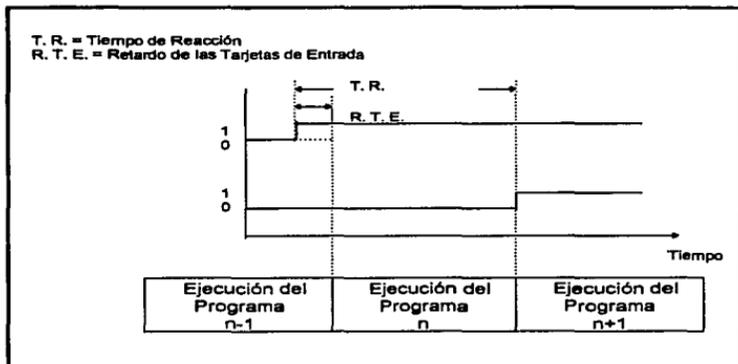


Fig. 3.2. Tiempo de Reacción.

Imagen del proceso.

Antes de comenzar la elaboración propiamente del programa, y una vez que se ha iniciado la vigilancia del tiempo de ciclo, se realiza la carga de la imagen de proceso de las entradas. Esto consiste en vaciar el estado de todas las señales de entrada procedentes de las tarjetas, en una región de la memoria, especialmente destinada para ello, conocida como IPE (Imagen de Proceso de Entradas).

Durante la elaboración del programa, todas las consultas a los estados de señal de las entradas se hace de la **Imagen de Proceso de Entradas (IPE)** y no directamente de las tarjetas.

Los resultados del programa, producidos por la asignación a las salidas, se escriben en otra región de la memoria conocida como **Imagen de Proceso de Salidas (IPS)**. Al finalizar el programa después de la última instrucción, se transmiten los estados de señal contenidos en la IPS a las tarjetas de salida. Hasta entonces se actualiza físicamente el estado de conexión y desconexión de las salidas.

Un cambio en el estado de señal de una entrada no puede ser detectado durante la elaboración del programa. Una vez iniciado el ciclo, los estados de señal con los que se trabaja son los estados "vacíados" inicialmente a la imagen de proceso. Estos no volverán a actualizarse respecto a las tarjetas, hasta el siguiente ciclo, en el que nuevamente los estados de las señales son "vacíados" a la imagen de proceso.

3.3. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN.

La automatización de una máquina o proceso, se basa en una serie de intercambios de información que fundamentalmente son:

- a) Intercambio permanente de información entre el proceso y el sistema de control (magnitudes y acciones físicas), que tienen lugar a nivel del sistema de Entradas/Salidas.
- b) Intercambio entre el operador y el sistema de control para el establecimiento de secuencias especiales, modificación de consignas, control manual, obtención de información explícita de las variables del proceso, etc.

Todo intercambio de información precisa de una codificación del mensaje que sea comprensible, tanto para el emisor como para el receptor; esta codificación constituye un "lenguaje". En los sistemas programables, se denomina lenguaje de programación, y establece un medio sencillo, pero suficientemente preciso, para que el programador pueda especificar la secuencia de tratamiento de la información que se requiere del sistema de control. Un lenguaje de programación no garantiza por sí solo la precisión en la ejecución de las secuencias especificadas por el programador. Puede crearse un lenguaje muy explícito, pero de poco va a servir si no es coherente con las necesidades del problema de automatización, y sobre todo, si no es capaz de explotar los recursos de la unidad de control con la que se establece el diálogo.

Por tanto, un lenguaje de programación que se emplee en los autómatas programables, debe caracterizarse por su orientación a los problemas de automatización para los que se diseñó la Unidad Central de Proceso, y coherente con las capacidades de ésta.

Un conjunto de sentencias del lenguaje de programación utilizadas convenientemente ordenadas para definir una tarea constituye un programa.

En el autómata programable se encuentran una serie de programas residentes, o firmware, que se suministra con el propio equipo. Estos programas tienen por misión el establecer las condiciones de trabajo de los distintos componentes del sistema, ejercer funciones de vigilancia del correcto funcionamiento del equipo, producir y ejecutar las secuencias determinadas en el programa de usuario o de aplicación.

Una vez definido el programa, las tareas de tratamiento de información requeridas para la secuencia de control; el programador las transcribirá en forma de sentencias o instrucciones del lenguaje de programación, asociando a éstas la correspondiente identificación de las variables de entrada y salida, variables internas y registros de trabajo.

3.4. CONJUNTO DE INSTRUCCIONES DEL AUTÓMATA.

El lenguaje de programación de un autómata se define como un lenguaje especializado para resolver una gama de problemas, dado que el autómata es una máquina orientada (equipo programable orientado a entradas y salidas).

Partiendo del concepto de "orientación al problema", se puede establecer que existe un conjunto de instrucciones único para la programación de un autómata, aunque la forma de esas instrucciones queda en función del origen del equipo y del tipo de lenguaje que se emplee (gráfico o literal). Por otra parte el hecho de que una tarea de control sea descrita por un técnico, por ejemplo, mediante ecuaciones Booleanas, no presupone que se emplee esta forma de lenguaje en el autómata destinado a ejecutarla.

El autómata podrá interpretar todo el conjunto de instrucciones de que dispone un lenguaje en particular dependiendo del tipo de procesador que se tenga.

En el conjunto de instrucciones del autómata se pueden considerar los siguientes grupos:

- Instrucciones de funciones lógicas.
- Instrucciones de temporización y conteo.
- Instrucciones aritméticas.
- Instrucciones de transferencia de datos.
- Instrucciones de control del ciclo de ejecución.
- Instrucciones de comunicación.

Las instrucciones determinan el tratamiento que debe realizar la Unidad Central con la información dada por :

- Variables de entradas discretas (todo-nada).
- Variables de salida discretas (todo-nada).
- Variables internas o auxiliares (binarias).
- Variables de entradas numéricas.
- Variables de salida numéricas.
- Variables internas numéricas.

a las que se asocia la correspondiente "dirección" de E/S o de registro.

3.5. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.

Aunque cada fabricante propone para su línea de autómatas un lenguaje de programación propio, se puede considerar que existen dos grandes grupos: lenguaje de circuitos de contactos y lenguajes booleanos.

A continuación figura una relación de los lenguajes y métodos gráficos más utilizados:

- **Lista de instrucciones.** También conocido como nemónico, booleano, abreviaturas nemotécnicas, AWL.

- **Diagrama de escalera (Ladder diagram).** Este es un lenguaje gráfico que mediante símbolos representando contactos, solenoides, enlaces, etc., identificados con la correspondiente dirección de una variable de entrada o salida y combinados convenientemente, permite definir la condición de estado de una variable de salida.

Los símbolos empleados corresponden a la convención americana según normas NEMA para la representación de esquemas eléctricos. Así pues, este lenguaje expresa las secuencias de control de forma gráfica similar a la empleada en la tecnología cableada de relés.

Por lo tanto, el lenguaje de esquema de contactos, consiste en diagrama de contactos, plano de contactos, esquema de contactos, KOP.

- **Plano de funciones**, o bloques funcionales, logigramas, FUP.
- **Grafset**, o diagrama funcional, diagrama de etapas o fases.
- **Organigrama**, u ordinograma, diagrama de flujo.

Si bien existen varias modalidades de programación, las más comunes son las que se describen a continuación.

3.5.1. DIAGRAMA DE ESCALERA (LADDER DIAGRAM).

Como se explicó anteriormente, los PLC's son creados principalmente para sustituir los arreglos de relevadores electromecánicos y eliminar las complejidades que representaban los cambios en el alambrado, lo cual debía efectuarse manualmente cada vez que se necesitaba hacer una modificación en el proceso de manufactura.

Quienes tenían a su cargo la función de cambiar los alambrados eran los oficiales electricistas, personas con una preparación técnica media, pero con gran conocimiento de las funciones de manufactura. Por este motivo, para tener éxito en la tecnología emergente de controles programados, era necesario diseñar un lenguaje que pudiera ser entendido por un electricista calificado.

Es por ello que los símbolos básicos que se utilizan en el diagrama de escalera se parecen a los empleados en los esquemas eléctricos. Con tal enfoque en mente, Morley desarrolló este lenguaje, cuyo nombre se debe a que cada operación se representa por una línea o peldaño, y el conjunto de operaciones programadas produce múltiples peldaños, que se dibujan de arriba hacia abajo.

No está de más decir que el lenguaje ha evolucionado desde aquellos tiempos (1969) gracias a la adición de nuevos símbolos y a la utilización de metodologías de programación novedosas. En la actualidad, todos los proveedores de PLC's ofrecen la modalidad de programación bajo el esquema de diagrama de escalera.

Programar en el mismo es tan sencillo como escribir en un papel los símbolos que representan contactos cerrados, contactos abiertos, bobinas y temporizadores conectados entre sí por líneas, todo de acuerdo con la función que se desea desarrollar. La tabla 3.1 presenta los fundamentos del lenguaje de escalera.

Las funciones básicas se expresan mediante combinaciones de los siguientes símbolos-instrucción:

Contacto NA. Variable discreta de E/S o interna.

Contacto NC. Variable discreta complementada.

Salida. Variable discreta de salida o interna.

3.5.2. MNEMOTÉCNICOS DE LÓGICA BOOLEANA.

Los mnemotécnicos son expresiones cortas de fácil retención en la memoria que se utilizan para describir las funciones de programación que se requieren. Existe una equivalencia entre los símbolos de lenguaje de escalera y los mnemotécnicos booleanos. Por ejemplo, un contacto abierto en lógico de escalera se describe con la instrucción LD (*load input*, entrada de carga); contacto cerrado, con LD NOT (*load no contact input*, entrada sin carga); las líneas seriales, con AND (*y lógico*); las líneas paralelas, con OR (*o lógico*), y así sucesivamente.

Una expresión en lenguaje booleano tiene la siguiente apariencia: LD 11107 and not 11100 out 01000. En tanto, éste mismo programa en lógico de escalera se representa por un circuito serie que tiene un contacto normalmente abierto en dirección (111/07), un contacto normalmente cerrado en dirección (111/00) y una bobina en la dirección (010/00) que se energizará siempre que haya continuidad en el circuito.

Tabla 3.1. Fundamentos de lenguaje de escalera.

INSTRUCCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Contacto normalmente abierto		Verifica que en el domicilio especificado exista una condición "conectado" (on). El contacto se cierra si la condición es cierta y permanece abierta si la condición es falsa.
Contacto normalmente cerrado		Verifica que en el domicilio especificado exista una condición "desconectado" (off). Permanece conectado si la condición es cierta y se abre si es falsa.
Inicio de rama		Con este símbolo se inicia el esquema cuando se encuentran involucradas ramas paralelas en cualesquiera de los peldaños del diagrama de escalera.
Fin de rama		Con este símbolo terminan las ramas paralelas que se delinearon en el diagrama de escalera.
Bobina energizada		Controla la salida para energizar un dispositivo externo. Se mantiene energizada siempre que la señal de referencia se encuentra "conectada" (on).
Bobina enclavada		Controla la salida para energizar un dispositivo externo. Se mantiene energizada aunque la señal de referencia cambie de estado. Sólo se desenergiza cuando se recibe la instrucción que se describe a continuación.
Bobina desenclavada		Se utiliza para desenergizar una salida externa cuando esta ha sido enclavada por medio de la instrucción descrita anteriormente.

3.5.3. BLOQUES DE FUNCIONES.

Se emplean en aquellos casos en que las operaciones que se tienen que programar son bastantes complejas y no es posible elaborar una rutina con los lenguajes anteriormente descritos. Muchas de estas funciones son procesos internos que tienen que ver con el procesador de la unidad; por ejemplo, instrucciones para transferir archivos, para escribir/leer bloques de transferencia, para correr registros o para operaciones secuenciales. Dada la complejidad de este lenguaje, considerado de alto nivel, no se profundizará más en él.

3.5.4. DIAGRAMA DE FLUJO.

Conocido también como Sequential Function Chart (SFC), este tipo de lenguaje ofrece un mayor control al operador para que elabore programas bajo el concepto de programación estructurada.

Tiene un principio en la parte superior del esquema y un final en la inferior, y entre ambos se dibujan los bloques y las líneas que representan las acciones a ejecutar. Las tareas importantes se desglosan en el siguiente nivel, de manera que cuando el procesador ejecuta el programa, solamente examina ciertas porciones del esquema y no tiene que recorrer la secuencia completa. Esta característica permite que los programas se ejecuten con mayor rapidez.

3.5.5. LISTA DE INSTRUCCIONES (LENGUAJES BOOLEANOS).

Usada para representar funciones de control más complejas y en las cuales el lenguaje de escalera no resulta la mejor opción, consiste en un conjunto de mnemotécnicos de fácil retención.

Una instrucción es la unidad autónoma más pequeña del programa y constituye un orden de trabajo para el procesador. Se compone de un código de operación, que indica al procesador lo que tiene que hacer, y un operando, que enuncia con qué lo tiene que hacer. La parte del operando contiene dos informaciones: la identificación del tipo de operando y su dirección. Algunos operandos se identifican como I (entradas), O (salidas), F (banderas), etc.

Tabla 3.2. Instrucciones del lenguaje booleano.

MNEMÓNICO	DESCRIPCIÓN
LD	Primera variable de una función lógica.
LD NOT	Complemento de la anterior.
AND	Función lógica y .
AND NOT	Función lógica y , con la variable inversa.
OR	Función lógica o .
OR NOT	Función lógica o con la variable inversa.
AND LD	Función lógica y con la condición previa.
OR LD	Función lógica o con la condición previa.
OUT	Variable de salida (interna o externa).
TIM	Temporizador.
CNT	Contador.
KEEP	Biestable.
ADD	Suma.
SUB	Resta.
MUL	Multiplicación.
DIV	División.
CMP	Comparación de variables numéricas.
MOV	Transferir datos entre registros.
SFT	Desplazar la información en un registro.
JMP	Salto condicional.
JME	Fin de salto.
END	Fin de programa.

Reciben el nombre de booleanos, ya que proporcionan un medio literal para la transcripción directa de las ecuaciones de boole o funciones lógicas que definen una secuencia de control.

Evidentemente las instrucciones que definen los operadores lógicos fundamentales se completan con otras expresiones necesarias para describir las funciones de temporización, contaje, manejo de datos, operaciones aritméticas, etc. El lenguaje booleano se denomina también de lista de instrucciones o de mnemónicos. Véase la tabla 3.2.

3.5.6. TEXTO ESTRUCTURADO.

Utiliza instrucciones tomadas del inglés (como el lenguaje BASIC), se fundamenta en el estándar IEC-1131-3 y ayuda a resolver expresiones complejas de difícil implementación con el lenguaje de escalera. Para escribir un programa en texto estructurado se utilizan comandos del tipo IF-ELSE, CASE, FOR, WHILE, REPEAT, etc. A su vez, éstos se complementan con operadores del tipo + (suma), - (resta), * (multiplicación), SQR (raíz cuadrada), NOT (no lógico), etc.

3.6. TEMPORIZADORES.

Algunas funciones de control exigen la programación de tiempos. Para lograr la programación de una temporización, es necesario recurrir a módulos temporizadores. Todos los controladores lógicos programables contienen estos módulos, y por lo general los tiempos son configurados de modo digital, lo que quiere decir que es un contador de cadencias. Nuestro PLC cuenta las cadencias con la misma exactitud que los relojes cuentan con las oscilaciones de cuarzo, para ser precisos, el PLC cuenta los flancos positivos o negativos de los pulsos secuenciales.

Se pueden programar un total de 16 temporizadores con rango de tiempos 0, 1,..., 99 segundos, y resolución de 0.1 segundo. Los rangos de tiempo de hasta 99 segundos son programables en incrementos de 0.1 segundos, y en incrementos de 1 segundo.

Para obtener tiempos de temporización más largos se programan dos temporizadores en serie, o un temporizador y un contador.

La precisión de temporización se calcula de la siguiente forma: constante $\times 0.03 + 20$ mseg..

Los temporizadores de algunos autómatas sólo tienen una entrada. Su puesta en funcionamiento o temporización se realiza por flanco de subida previo cierre del contacto o contactos NA (normalmente abiertos) que existan en su entrada; antes, naturalmente, se ha debido fijar el valor de preselección de acuerdo a la base o escala de tiempos, por lo general segundos. Su activación se realiza transcurrido el tiempo de preselección. Estos temporizadores son del tipo descendentes o de retardo a la conexión, decreméntándose desde el valor preseleccionado a cero, en cuyo momento se activan.

Estado de la señal:

0 Temporizador activo
1 Temporizador inactivo.

Su puesta a cero no es automática sino que requiere la apertura de uno de los contactos de entrada.

En algunos autómatas las escalas de tiempo son varias: 0.01seg., 0.1seg., 1 seg., 10 seg., etc. También tienen la posibilidad de retardo a la desconexión.

Como unidades básicas se define, o se selecciona, un determinado tiempo para las secuencias de los pulsos: milisegundo (MSC), centésima de segundo (HSC), décima de segundo (TSC), segundo (SEC) y minuto (MIN).

El número de temporizadores no se puede repetir, pero el número de sus contactos asociados, tanto abiertos como cerrados, es ilimitado.

3.7. CONTADORES.

Los contadores son ocupados para contar unidades o procesos; en la industria moderna es muy frecuente encontrar controles que trabajen con contadores.

Así, por ejemplo, se necesita que un equipo clasifique y coloque un número determinado de productos sobre una banda transportadora, entonces se debe utilizar un contador. En todos los PLC's son unidades electrónicas contenidas en el CPU.

Se pueden programar un total de 16 contadores que decrementsen su contenido por la aplicación de un flanco positivo a su entrada. El contador puede ser puesto a cero aplicando una señal en su entrada RESET.

El valor máximo que puede contar es 99. Este valor puede aumentar conectando en serie varios contadores.

Los contadores están alimentados por una batería, con lo que su contenido no se pierde durante el fallo de alimentación.

Los contadores tienen dos entradas, la entrada de señal o contaje (CP) y la reposición o puesta a cero, reset (R).

Fijado el valor de preselección, su activación se produce una vez que en su entrada se han introducido por flanco de subida o bajada los impulsos necesarios.

Algunos autómatas tienen contadores con dos posibilidades: ascendentes y descendentes.

El número de contador no se puede repetir, pero sus contactos asociados, tanto abiertos como cerrados, es ilimitado.

Los contadores se rigen por las tres magnitudes siguientes:

- Valor efectivo: CW0, CW1, ..., CW15
- Valor nominal: CP0, CP1, ..., CP15
- Estado: C0, C1, ..., C15

C = Contador

CW = Palabra del contador.

CP = Preselector del contador.

Valor efectivo. Nos indica el estado momentáneo del contador, es cargado a la memoria.

Valor nominal. Corresponde el número límite hasta el cual se deberá contar, también es cargado en memoria.

Estado. La magnitud se constata sin importar si el contador ha alcanzado un número previamente definido o no lo ha hecho. Cuando el contador está en funcionamiento su estado es 1, pero si el contador ya no está activado, entonces su estado toma al valor de 0.

Estado 1 -- Contador funcionando.

Estado 0 -- Contador detenido.

Contador:

- Ascendentes (INC). Incremento.

- Descendentes (DEC). Decremento.

- *Conteo ascendente (INC)*

El valor numérico del contador se aumenta en 1. La función se realiza en un cambio de flanco positivo (de "0" a "1") en la entrada correspondiente INC.

Al alcanzar dicho valor numérico el límite superior 999 ya no sigue aumentando y los cambios en el estado de la señal en la entrada de este contador no surten efecto en lo sucesivo. No existe arrastre de valores.

- *Conteo descendente (DEC)*

El valor numérico del contador disminuye en 1. La función se realiza en un cambio de flanco positivo (de "0" a "1") en la entrada correspondiente DEC.

Al alcanzar dicho valor numérico el límite inferior (igual a 0), ya no sigue disminuyendo y los cambios de estado de señal en la entrada del contador hacia atrás no tienen efecto en los sucesivos (sólo en valores numéricos positivos). No existe arrastre de datos.

CAPÍTULO

4

MANTENIMIENTO

DEL

PLC

CAPÍTULO 4

MANTENIMIENTO DEL PLC

4.1. INSTALACIÓN.

Dadas las características constructivas y de diseño de los Controladores Lógicos Programables, su instalación es viable en prácticamente cualquier ambiente industrial, siempre que no se sobrepasen las especificaciones dadas por el fabricante. No obstante, existen ciertas recomendaciones prácticas para asegurar un correcto funcionamiento del sistema, que atañen principalmente a las condiciones de temperatura y humedad, y a la inmunidad frente a interferencias eléctricas.

En general, el PLC se montará en un armario de maniobras de dimensiones adecuadas para contener con holgura los componentes del equipo y el resto de los elementos, como interruptores/seccionadores y fuentes de alimentación, circuitos de protección, componentes electromecánicos, conductos de cableado, etc. Se recomienda el empleo de armarios metálicos ya que minimizan los efectos de radiación electromagnética generada por equipos de conmutación instalados en las inmediaciones.

Para la instalación, se seguirán las normas y reglamentos vigentes de aplicación habitual en cualquier instalación eléctrica de control.

La convección natural es suficiente en la mayoría de los casos, ya que los fabricantes especifican sus equipos para una temperatura ambiente máxima de 60°C. Si se prevee la existencia de focos de calor en el armario, se recomienda la instalación de convección forzada para unificar la temperatura ambiente en el interior del armario y facilitar la disipación del calor.

También, si se prevee la posibilidad de condensación, hay que instalar elementos calefactores controlados por termostato.

Situación de los componentes

Los componentes del PLC se montarán siguiendo las recomendaciones del fabricante, y en todo caso se pueden seguir las siguientes pautas de aplicación general:

- a) Es recomendable el montaje vertical de los componentes para facilitar la convección y disipación de calor.
- b) Las fuentes de alimentación deberán ocupar una posición por encima del resto de los componentes y en la parte superior del armario, ya que son generadoras de calor.
- c) La unidad central ocupará una posición adyacente o por debajo de las fuentes de alimentación, en la zona superior del armario, quedando a una altura que facilite su inspección.
- d) Los rack's de E/S estarán dispuestos de la forma más conveniente para el acceso y cableado, en el espacio libre.
- e) Se dejarán espacios suficientes entre los mismos componentes y la envolvente, tanto para una adecuada disipación del calor como para una correcta conducción del cableado.
- f) Para el resto de los componentes del sistema, se recomienda su instalación en posiciones lo más alejado posible del equipo, principalmente si se trata de componentes electromecánicos, para minimizar las interferencias electromagnéticas.

4.2. CABLEADO.

Para un correcto cableado hay que tener en cuenta las siguientes reglas:

- Separar los cables que conducen C.C. de los de C.A. para evitar interferencias.
- Separar los cables de las entradas de los de las salidas.
- Si es posible, separar los conductores de las E/S analógicas de las digitales.

- Los cables de potencia que alimentan a contactores, fuentes de alimentación, etc., discurrirán por canaleta distinta de los cables de E/S.

En cuanto al cableado externo, es de tener en cuenta lo siguiente:

- Los cables de alimentación y los de E/S discurrirán por distinto tubo o canaleta, siendo recomendable entre ambos grupos de cables una distancia mínima de 30 centímetros, si discurren paralelos. En el caso de que el resto no sea posible, se situarán placas metálicas conectadas a tierra que separen dentro de la canaleta los distintos tipos de cables.

4.3. PUESTA A TIERRA Y A PUNTO.

Puesta a tierra.

Se seguirá lo especificado en la normativa vigente y las recomendaciones del fabricante, pero hay que recordar que cada una de las estructuras (rack's) del PLC, deben estar unidas mediante un cable independiente de sección adecuada, a la conexión de tomas de tierra del armario. Nunca deben compartirse circuitos de tierra entre rack's o con otros componentes del sistema.

Puesta a punto.

Una vez finalizados los trabajos de montaje e instalación del equipo y cargado el programa en la memoria de la unidad central, hay que poner en marcha el sistema para comprobar que corresponde adecuadamente a la descripción de la tarea de control original, y en su caso realizar las correcciones y mejoras oportunas.

Antes de dar alimentación, hay que hacer una serie de comprobaciones rutinarias pero importantes:

- 1) Comprobar que todos los componentes del PLC estén en su lugar (el que corresponde a la configuración) perfectamente insertados en sus conectores y asegurados.
- 2) Comprobar que la línea de alimentación esté conectada a las correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuye adecuadamente a los módulos de entrada y salida (si procede).
- 3) Verificar que los cables de interconexión entre rack's estén correctamente instalados.
- 4) Verificar que los cables de conexión a periféricos estén correctamente instalados.
- 5) Verificar que las conexiones de los bornes de E/S estén firmes y correspondan al esquema de cableado.
- 6) Verificar que las conexiones a los módulos de E/S estén firmes y correspondan al esquema de cableado.

Previo al ensayo de funcionamiento según lo programado, hay que comprobar que los dispositivos de E/S funcionan correctamente:

- a) Con el equipo PARO (STOP) aplicar tensión al sistema.
- b) Verificar que los indicadores de diagnóstico de la Unidad Central reflejan una situación correcta.
- c) Comprobar que los paros de emergencia actúan correctamente.
- d) Accionar los dispositivos de entrada manualmente y verificar que su estado es registrado por el PLC; el funcionamiento se puede seguir en los indicadores de los módulos y también se puede seguir visualizando la tabla de E/S mediante un equipo de programación.

Para la comprobación de los equipos de salida, hay que cortar la alimentación de las cargas que pudieran dar lugar a situaciones peligrosas y verificar con el procesador en MARCHA (RUN) que las salidas se activan.

Se recomienda que siempre que sea posible, las pruebas de funcionamiento se hagan por áreas, particularmente si se trata de sistemas grandes, dejando fuera de servicio las componentes de las áreas que no se prueban; esto puede realizarse cortando la alimentación de campo de los rack's de E/S o inhibiendo su funcionamiento, incluyendo las oportunas instrucciones en el programa que se eliminarán una vez concluidas las pruebas.

Verificadas y corregidas las distintas secuencias, el sistema puede arrancar en automático debiendo funcionar correctamente si todas las comprobaciones se han efectuado con éxito. Las correcciones efectuadas, tanto en la instalación como en el programa deben ser documentadas inmediatamente.

4.4. IDENTIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DE AVERÍAS.

Aunque los PLC's son equipos delicados y bien adaptados al medio industrial, es necesario establecer ciertas rutinas de mantenimiento preventivo para disminuir la probabilidad de fallo o avería. Unas pocas operaciones de mantenimiento, programadas de forma regular, harán que el sistema trabaje adecuadamente por largos períodos de tiempo.

Inspección periódica de la Unidad Central y sistema de E/S.

- 1) Observación de los indicadores de diagnóstico del procesador.
- 2) Observación de los indicadores de "fusible fundido" de los módulos de salida. En general, la existencia de un fusible fundido se detectará por el funcionamiento anómalo del sistema pero para algunas cargas de funcionamiento esporádico esta circunstancia podría pasar desapercibida si no se inspecciona el módulo.
- 3) Observar las conexiones en el cableado de los módulos de E/S y las conexiones de los módulos al rack para comprobar si siguen perfectamente asentados y sujetos.

Inspección periódica del armario.

- 1) Cuando en el armario se han instalado elementos de convección forzada, hay que comprobar periódicamente el estado de los filtros y limpiarlos de polvo para mantener una buena circulación.
- 2) Hay que evitar que se produzca acumulación de polvo y suciedad en el PLC. Para facilitar la disipación de calor generado por los circuitos, los componentes del equipo presentan aberturas que permiten la entrada de polvo, y en caso de acumulación, pueden resultar averiados los componentes electrónicos, ya que la suciedad evita la correcta disipación del calor y puede ser causante de cortos circuitos.
- 3) Comprobar que no se está trabajando con equipos generadores de interferencia electromagnética en las proximidades del armario, ya que esto podría afectar el funcionamiento del equipo.

Cuando se presenta una anomalía en el funcionamiento del sistema hay que recordar que el programa ha estado respondiendo a las secuencias de control de forma satisfactoria hasta la fecha, y a menos que alguien lo haya manipulado, no puede ser el causante del fallo. La anomalía debe tener su origen en algunos de los componentes del sistema. La identificación de un fallo es un proceso de acotación y eliminación, para el sistema son de gran ayuda los indicadores de diagnóstico del PLC y los códigos de error que sea capaz de elaborar la Unidad Central.

Las averías que pueden considerarse graves son aquellas que pueden provocar la parada total del sistema, y afectarán en general a la Unidad Central (particularmente al procesador), a los módulos de memoria y a los módulos de interconexión del sistema de E/S. Estas averías quedan reflejadas en los indicadores de diagnóstico del módulo afectado, y además el tipo de fallo puede ser identificado mediante el código de error generado a través de un equipo de programación o test; no obstante la resolución de avería supone el cambio del módulo causante sin más posibilidad de intervención del usuario.

Cuando se trata de funcionamientos anómalos estando el PLC operando, hay que identificar la secuencia de control afectada y los dispositivos de E/S que intervienen en ella.

En cuanto a los módulos de entrada, el primer paso es observar si el indicador responde adecuadamente a las acciones del dispositivo de campo (pulsador, final de carrera, electrónivel, etc.), si el indicador no responde a dichas acciones hay que verificar el nivel de tensión que aparece en los bornes de entrada del módulo; si el nivel de tensión es el adecuado, entonces es posible que exista una avería en el módulo y hay que sustituirlo.

En ocasiones resulta ser el procesador el que no reconoce la señal de entrada, pudiendo estar la avería a nivel de módulo o del rack, aunque en este último caso quedarán afectados varios circuitos de entrada y salida.

En el caso de fallas en las salidas, si el indicador de salida afectada evoluciona de acuerdo con las secuencias programadas, hay que observar los indicadores de fusible fundido y comprobarlo, y si están en condiciones, verificar el cableado hasta el dispositivo de campo. Si la salida no se activa de acuerdo con el programa, entonces, el módulo o el circuito de salida en cuestión están averiados y hay que proceder a su sustitución.

La sustitución de un módulo de E/S se hará con el equipo sin tensión aunque hay sistemas que permiten el cambio aun bajo tensión. En cualquier caso es recomendable que se desconecte la alimentación de los dispositivos de campo afectados al retirar e insertar el módulo en el rack.

CAPÍTULO

5

**CRITERIO PARA LA
ADQUISICIÓN
DE UN PLC**

CAPÍTULO 5

CRITERIO PARA LA ADQUISICIÓN DE UN PLC

Tenemos ahora, una mejor idea de los componentes del PLC, de cómo funciona el CPU, los módulos de E/S, como interactúa la fuente de alimentación, las terminales de programación y el procedimiento que debe llevarse a cabo para controlar una máquina o proceso. A continuación, se pondrá atención en aquellos aspectos a considerar en la compra del primer PLC.

5.1. FACTORES A CONSIDERAR EN LA COMPRA DE UN PLC.

Los PLC's son considerados como la industria del billón de dólares, que cuenta con más de 100 fabricantes dedicados a este tipo de equipos y produciendo más de 1000 modelos diferentes, presenta para el usuario una serie de cuestionamientos tales como: ¿De qué manera seleccionar el equipo adecuado para las necesidades de control?.

Si se es *Integrador de Sistemas*, trabajando como consultor o para una gran compañía manufacturera, es un trabajo de tiempo completo el investigar cuándo, dónde y qué adquirir, incluso si se es un técnico eléctrico o electrónico que realiza funciones en planta, al menos se debería estar familiarizado con los factores clave que deben considerarse en la compra de un PLC.

Especialmente, se debe estar informado de los aspectos como costo, servicio, asesoría, flexibilidad, posibilidad de expansión, documentación y capacitación. Aquí se sugiere que no solo pida un equipo a un vendedor, sino que pida consejo y se involucre directamente en la implementación y la compra basado en estos factores.

Cuando se consideran costos, se toman dos factores, primero determinar el punto de equilibrio: dónde llega a ser económicamente ventajoso un modelo con respecto a otro. Generalmente, dados los altos costos de calidad, los relevadores industriales de larga duración; si su aplicación supone una media docena o más de estos componentes electromagnéticos, puede ser el momento de considerar el cambio al PLC.

Podría darse que en algunos casos, abajo de US \$200, el PLC sería más efectivo en costos, esta sería la segunda consideración. Es importante considerar, especialmente cuando los PLC's están instalados en red, no solamente en el costo inicial del PLC, sino en su instalación, mantenimiento y costos de capacitación.

Adicionalmente a los costos (o de hecho, en relación con ellos), se deben considerar el soporte y el servicio, cuando se piensa en la compra de un PLC, por supuesto, que uno desea la máxima confiabilidad por su dinero, pero las fallas ocurren y un PLC debe tener adecuadas funciones de autodiagnóstico y una vez que el problema es detectado, el problema debe ser corregido con mínimo de esfuerzo y tiempo. Una pregunta que podría hacerse es: ¿Es eficiente el soporte post-venta cuando se requieren partes de reemplazo para una rápida solución de problemas?. Mantenga estos factores en mente cuando tome la decisión de comprar un PLC.

La flexibilidad y posibilidad de expansión, son factores a considerar en la selección, puesto que cualquier sistema de control que los contenga, debe poder crecer con las propias necesidades de la compañía. Afortunadamente, la mayoría de los PLC's incluso la variedad de los compactos, están diseñados tomando en cuenta estos dos factores.

Desde luego, esto no quiere decir que los demás elementos que componen al PLC no se consideren, como es el caso de los módulos de memoria, de expansión de entradas/salidas, así como el sistema de intercomunicación. Es importantísimo planear para el futuro analizando las capacidades y limitaciones desde el principio.

Con respecto a la capacitación, deberán considerarse algunos puntos:

- 1.- ¿La empresa tiene una sólida infraestructura en capacitación?
- 2.- ¿El entrenamiento cubre todos los requerimientos del usuario?
- 3.- ¿Se imparte en las instalaciones del proveedor o del usuario?
- 4.- ¿Cuáles son los costos en ambos casos?
- 5.- ¿La capacitación está incluida cuando los sistemas crecen?
- 6.- ¿La capacitación está conducida por instructores competentes y con experiencia, que tengan la capacidad para comunicarse con técnicos, eléctricos y electrónicos?.

También es extremadamente importante contar con la documentación técnica como son los manuales del usuario, el software de soporte, y la información relacionada. Desafortunadamente a menudo se da por hecho que no se tendrán problemas por falta de esta, pero en la práctica, carecer de documentación provoca que los problemas se agranden, de tal manera que tomarse tiempo para revisar la documentación contenida en los equipos, evitará posteriores dolores de cabeza.

5.2. FABRICANTES DE PLC's.

Para dar una mejor idea de los PLC's que existen en el mercado se presentará una guía completa de Controladores Lógicos Programables (*I&CS Guide to Programmable Controllers*), la cual enumera los fabricantes y sus productos. En el mes de marzo de cada año, *I&CS* publica una guía muy detallada de PLC's. Para ello, los editores envían a los fabricantes, un cuestionario que una vez contestado, lo regresan con la información de sus equipos. En la guía mostrada en las siguientes páginas, se contemplan 62 compañías.

Como se podrá observar, el listado inicia con el nombre del fabricante y una referencia de los modelos de PLC's producidos, en seguida se menciona la memoria, tanto el equipo como el tamaño. Continúa con la capacidad de entradas y salidas, y si dispone del tipo de analógicas, así como la disponibilidad de control PID.

Se muestran también, los lenguajes de programación que manejan los equipos (donde el más utilizado es el ladder), sigue con los equipos de programación tanto los de tipo manual (handheld programmers) como las terminales industriales, y las cintas para grabar programas.

Adicionalmente se examinan las capacidades de trabajo en red. Finalmente en la categoría de misceláneos (otros), se consideran las funciones matemáticas, diagnóstico y documentación. A fin de cuentas, la guía es útil para ayudarse en la compra del primer PLC, y formarse un cierto criterio de los equipos disponibles.

CAPÍTULO

6

ELEVADORES

CAPÍTULO 6

ELEVADORES

6.1. HISTORIA.

Los primeros elevadores que pueden considerarse como tales, por estar movidos por una fuerza independiente de la del hombre, utilizaron como energía motriz, máquinas de vapor de uno o dos cilindros.

Sin embargo, hasta que Elisha Graves Otis, en 1853, ideó un dispositivo de seguridad, contra la rotura de cables, muy similar al que todavía se utiliza, fué entonces cuando se consideró el elevador utilizable por el hombre.

Fué en 1857, cuando se instaló el primer elevador para personas en los almacenes E. V. Haughwout Company, de Nueva York, movido por una máquina de vapor que lo impulsaba a una velocidad de 0.2 m/seg en un recorrido de 5 plantas.

En 1867, el francés León Edoux, presentó en la Exposición Universal de París, un aparato elevador que utilizaba la presión del agua, para elevar una cabina montada en el extremo de un pistón hidráulico.

El elevador Edoux, tuvo una gran difusión por todo el mundo, sobre todo cuando se multiplicaron sus posibilidades de velocidad y recorrido, con un perfeccionamiento del sistema que se denominó de acción indirecta, en el que el émbolo no impulsaba la cabina directamente, sino un juego de poleas, o una cremallera y un tambor, que enrollaba y desenrollaba uno o varios cables de los que se suspendía la cabina.

Los elevadores hidráulicos, se perfeccionaron hasta lograr con ellos alturas y velocidades muy elevadas. En 1908, se instaló un elevador en el City Investing Building de Nueva York, de 1360 Kg de carga, 3 m/seg de velocidad y un recorrido de 108 m.

Los elevadores hidráulicos tenían un funcionamiento silencioso y bastante seguro, con arranques y paradas suaves, y una precisión de parada relativamente alta. Sin embargo su complicado y voluminoso equipo de bombeo, que utilizaba presiones de agua hasta de 70 Kg/cm². Su elevado costo de instalación y el gran consumo de agua que necesitaban, cuyo precio comenzó a resultar demasiado alto para ésta aplicación, que a finales del siglo pasado le hicieron perder rápidamente la popularidad en favor del elevador eléctrico, que en pocos años sustituyó al parecer definitivamente el elevador hidráulico en los edificios de viviendas, aunque se vuelve a utilizar en una versión modernizada.

A finales del siglo XIX, en 1888 fué construido por la empresa Werner Siemens el primer elevador eléctrico y no fué sino hasta el siguiente año que comenzaron a comercializarse los elevadores eléctricos. El primero que funcionó normalmente en un edificio de viviendas, fué instalado en 1889, por los hermanos Otis en el Baurest Building de Nueva York. La instalación original se basaba en un motor de corriente continua con su campo en derivación, acoplado por medio de una banda a una polea que a su vez movía por medio de dos bandas a una máquina. El arranque, parada y cambio de dirección de viaje del elevador se obtenía mediante un cable que accionaba la banda moviéndola de la polea a la de acción de la máquina o viceversa; automáticamente se aplicaba un freno mecánico con el cable al parar el elevador. Se debía tener cuidado con éste tipo de máquinas ya que primero era necesario arrancar el motor y paulatinamente dejar que éste llegara a su velocidad normal para posteriormente poner en servicio el elevador.

Más adelante se procedió a acoplar directamente el motor a la caja de engranes eliminando las bandas; debido a que un motor con campo en derivación no producía el suficiente par como para arrancar a plena carga, a menos de que se utilizara un motor más grande. El arranque fué mejorado usando un motor con dos campos uno en serie y otro en derivación, sin embargo, se obtuvo una velocidad variable que dependía de la carga, lo que proporcionaba en paradas inexactas, que era el principal inconveniente, para lo cual se procedió a emplear un control que permitiera cortar el campo en serie una vez que el elevador alcanzaba su velocidad normal, dejando sólo el campo en derivación; lo que permitía una velocidad uniforme mejorando enormemente las paradas.

Posteriormente se usaron las máquinas con engranes, con ellas se lograban velocidades de 2 m/seg como máximo, debido a que se producían vibraciones.

En el año 1903 se hizo un adelanto considerable usando la máquina sin engrane llamada "Gearless", que tenía relación de cables de 1:1 o 2:1; las máquinas de éste tipo consistían de un motor de corriente continua tipo derivación, de bajas revoluciones, que estaba acoplado a poleas montadas en la flecha de armadura. Los cables en vez de enrollarse en un tambor van sobre la polea de tracción, dicho sistema fué instalado al siguiente año en Des Moines, IOWA (U.S.A.).

En 1907, se instaló en el Singer Building de Nueva York, el primer elevador de tracción directa, es decir sin grupo reductor, que funcionaba a una velocidad de 4 m/seg, en un recorrido de 185 m.

Durante esos mismos años, se perfeccionó el motor de corriente alterna inventado en 1888, aplicado a los elevadores de pequeña y mediana velocidad, la introducción de éste permitió abaratar aún más el elevador y universalizar su empleo en toda clase de edificios.

Paralelamente al desarrollo de los sistemas de tracción, se han desarrollado los sistemas de maniobra, desde los manuales utilizados en los elevadores primitivos, de vapor e hidráulicos, hasta las maniobras automáticas de los elevadores modernos.

También los dispositivos de seguridad, se han perfeccionado hasta conseguir hacer del elevador una de las máquinas más seguras, inventadas por el hombre.

Actualmente todos los elevadores son accionados por motores eléctricos. Y no sólo los denominados comúnmente eléctricos, en los que el motor eléctrico impulsa la cabina arrastrando con una polea o arrollando sobre un tambor, los cables o cadenas en las que está suspendida, sino incluso los denominados elevadores hidráulicos, ya que en sus versiones modernas ya no utilizan la presión de agua de la red de distribución para mover la cabina, sino la energía de un motor eléctrico, que impulsa la cabina por medio de aceite que pone a presión en un circuito cerrado.

6.2. ELEMENTOS FUNDAMENTALES Y COMPLEMENTARIOS DE UN ELEVADOR.

ELEMENTOS FUNDAMENTALES

Los elevadores están compuestos de 5 elementos fundamentales (ver fig 6.1):

- 1.- La cabina.
- 2.- El contrapeso.
- 3.- Los cables de suspensión.
- 4.- El grupo tractor.
- 5.- El equipo de maniobra.

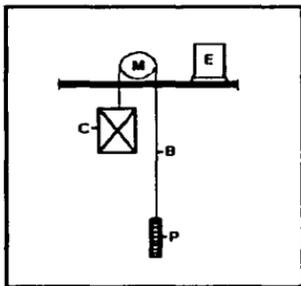


Fig. 6.1. Elementos fundamentales de un elevador:
 C= Cabina, M= Grupo tractor, E= Cuadro de maniobra, B= Cables, P= Contrapeso.

ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE UN ELEVADOR.

Los 5 elementos citados anteriormente, constituyen los componentes fundamentales de un elevador. Pero una instalación actual, está compuesta de otros elementos (véase fig. 6.2), que no pueden ser considerados como accesorios, sino que más bien son complementarios, ya que todos tienen una gran importancia para el buen y seguro funcionamiento de los elevadores.

Estos elementos se complementan con una serie de dispositivos necesarios para el mando y seguridad de los elevadores.

En primer lugar, la cabina debe circular por un recinto perfectamente delimitado y caracterizado, exclusivamente dedicado a este objeto, dotado de puertas de embarque, con dispositivos de seguridad que impidan su apertura si la cabina no está parada en su nivel. También la cabina tiene puertas, con enclavamiento de seguridad. Además son necesarios mandos en las cabinas y en los pisos para la maniobra del elevador, etc. En conjunto los elementos que componen un elevador son los siguientes:

1.- INFRAESTRUCTURA

- 1.1. Recinto o hueco.
- 1.2. Guías de la cabina.
- 1.3. Guías del contrapeso.
- 1.4. Amortiguadores.
- 1.5. Puertas de acceso.
- 1.6. Cuarto de máquinas.
- 1.7. Cuarto de poleas.

2.- ELEMENTOS FUNCIONALES

- 2.1. Cabina.
- 2.2. Contrapeso.
- 2.3. Cables de suspensión.
- 2.4. Grupo tractor o máquina.
- 2.5. Equipo de maniobra.

3.- DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

- 3.1. Enclavamientos mecánicos y eléctricos de las puertas de acceso.
- 3.2. Enclavamiento eléctrico de la puerta de la cabina.
- 3.3. Limitador de velocidad.
- 3.4. Dispositivo eléctrico de seguridad del limitador de velocidad.
- 3.5. Paracaídas de aceleración.
- 3.6. Dispositivo eléctrico de seguridad del paracaídas de aceleración.
- 3.7. Dispositivo de seguridad, contra el aflojamiento de cables.

- 3.8. Salvavidas.
- 3.9. Finales de carrera.
- 3.10. Dispositivo de parada de emergencia.
- 3.11. Timbre de alarma.
- 3.12. Luz de emergencia.
- 3.13. Guardamotor.

Cada uno de los elementos antes mencionados se tratarán con detalle más adelante.

6.2.1. RECINTO O HUECO.

El recinto o hueco del elevador es el espacio destinado exclusivamente al desplazamiento del elevador y del contrapeso, sin que pueda ser utilizado por ninguna otra instalación ajena al elevador, como conductores eléctricos, tuberías de agua, etc.

En lo que corresponde al recinto, se cuentan con tres etapas en la historia del elevador:

1. A finales del siglo pasado, lo principal era hacer una perfecta obra de arte de cuanto nos rodeaba. La protección del recinto se consideró tan secundaria que fué olvidada.
2. En los años 20 se trató de establecer un compromiso entre la seguridad y el arte. Pero ni las protecciones eran eficaces, ni verdaderas obras de arte.
3. En los últimos años ha ganado la seguridad y ha perdido el arte.

Un recinto puede ser común para varios aparatos elevadores. En este caso, debe existir un elemento de separación en toda la altura del recinto entre los elementos de los aparatos elevadores contiguos.

La parte inferior del recinto, por debajo del nivel de la última parada, se denomina **foso**.

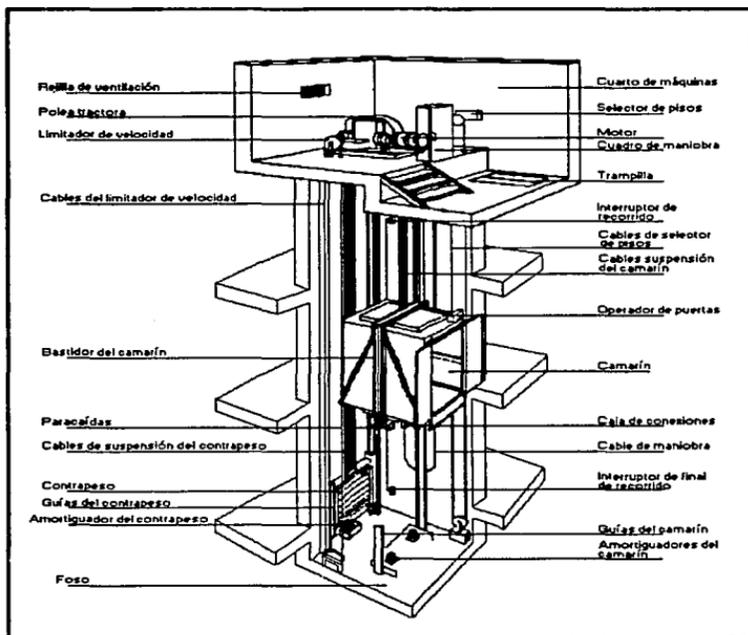


Fig. 6.2. Conjunto de los elementos que componen un elevador de puertas automáticas.

6.2.2. GUÍAS.

Las guías conducen la cabina en su trayectoria exacta y le sirven de apoyo en caso de rotura de los cables, por lo que deben tener una resistencia de acuerdo con el peso total de la cabina más carga y estar perfectamente alineadas.

También el contrapeso tiene guías, que en general no tiene más misión que conducirlo, aunque en algunos casos también puede ser soportado en caso de rotura de los cables de suspensión.

Los amortiguadores juegan también un papel activo, deteniendo el camarlín lo más suavemente posible, en caso de rebasar por cualquier causa la última parada en su descenso, y de no funcionar los interruptores de fin de carrera.

Guías de la cabina

El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma T, y perfectamente calibradas y enderezadas, en tramos empalmados con placas adecuadas.

Guías del contrapeso

Las guías de los contrapesos, se construyen también en perfiles T, similares a los utilizados en las guías de las cabinas.

6.2.3. AMORTIGUADORES.

Los amortiguadores se definen como dispositivos hidráulicos o de resortes cuya función es amortiguar la caída de la cabina en caso de que no llegue a frenar el elevador en el primer nivel, así como cuando va en dirección descendente.

Los elevadores deben estar provistos de amortiguadores, para detener la cabina o el contrapeso en caso necesario. Los amortiguadores se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso. Pero también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de la cabina o del contrapeso.

Los amortiguadores pueden ser de tres clases:

- a) **Elásticos.** Se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 0.60 m/s. Están formados por un cilindro de caucho.
- b) **Resorte.** Se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 1.75 m/s. Son los que más se utilizan, están formados por una barra de acero de sección circular, arrollada en forma helicoidal.
- c) **Hidráulicos.** Se pueden utilizar en cualquier caso. Están formados por un émbolo hueco ajustado a un cilindro que forma el cuerpo del amortiguador. El cilindro contiene aceite especial, que al bajar el émbolo presionado por una carga exterior, va entrando en su interior a través de unos orificios, de sección regulable.

6.2.4. PUERTAS DE ACCESO.

La seguridad de funcionamiento y buena marcha de un elevador, depende en gran parte de la calidad y buena conservación de las puertas de acceso al recinto del elevador.

Las puertas de acceso o puertas de piso, pueden ser de deslizamiento horizontal o vertical, que van colocadas sobre unas correderas que contienen las chambranas. Las puertas de acceso al recinto, deben estar provistas de enclavamientos mecánicos y eléctricos. Los cuales deben hacer imposible la apertura de puertas de acceso, excepto la del piso en que la cabina esté parada; con un rango de desenclavamiento de 20 cm por encima y por debajo del nivel de piso con una operación manual, y de 30 cm en puertas de apertura automática. También deben hacer imposible el funcionamiento de la cabina, mientras haya una puerta de acceso abierta, a menos que la cabina esté en operaciones de nivelación dentro de la zona de desenclavamiento correspondiente a esa puerta.

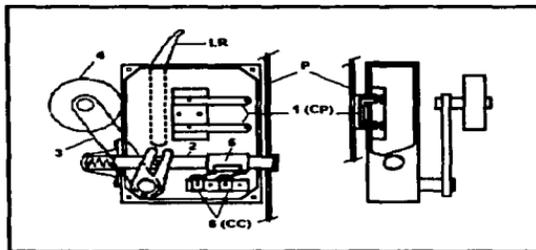


Fig. 6.3. Enclavamiento de las puertas de acceso.

Los esquemas simplificados de la figura 6.4 nos ayudan a comprender el funcionamiento de los enclavamientos de las puertas de acceso. Si todos los contactos de las puertas (CP) están cerrados porque las puertas están cerradas, la corriente de maniobra al pulsar el pulsador de cualquier piso (BC) hace retraer la leva retráctil (LR). Entonces (Figura 6.3), la palanquita (3), que se apoya en ella, se mueve empujada por un muelle, y hace avanzar el pestillo (2), y entra el pestillo en su alojamiento de la puerta, y si está bien cerrada, queda en posición correcta, con lo que la serie de cerraduras (CC) y la corriente de maniobra llega a los relés que accionan los inversores y el elevador arranca.

Las puertas automáticas se utilizan más cada día, pues aunque son más caras de construcción y mantenimiento que las puertas manuales o semiautomáticas, ofrecen una mayor seguridad contra los accidentes, por estar prácticamente a salvo de maniobras anormales e imprudentes a los usuarios.

Generalmente las puertas de acceso automáticas de los elevadores de edificios de viviendas y oficinas son de deslizamiento horizontal.

Los mecanismos de accionamiento eléctrico de las puertas automáticas se instalan generalmente sobre el techo de las cabinas, los cuáles abren y cierran simultáneamente las puertas de cabina y las de piso.

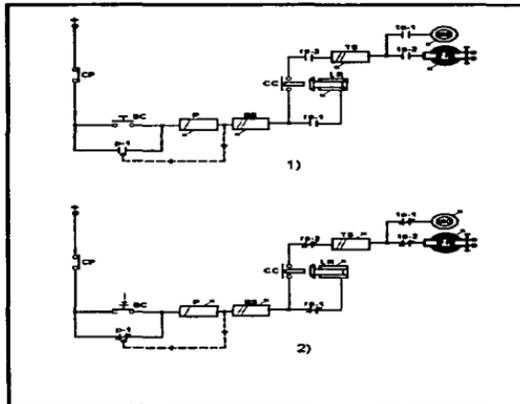


Fig. 6.4. Diagrama de secuencias simplificado de la maniobra de un elevador:

En 1) el elevador está parado.

En 2) un pasajero, oprime el pulsador (BC) y entra el relé de piso (p-1) que se realimenta al cerrarse su contacto (p-1); entra también el relé de subida (RS), y al cerrarse su contacto (rs-1) se retrae la leva retráctil (LR) se corre el cerrojo que cierra el contacto del cerrojo (CC), lo que permite pasar la corriente de maniobra a través del contacto también cerrado (rs-2), al inversor de subida, que al excitarse, cierra su contacto (ta-1), y arranca el motor (MO), y se cierra también el contacto (fa-2), y se desbloquea el freno (FR).

6.2.5. CUARTO DE MÁQUINAS Y POLEAS.

Los grupos tractores, sus cuadros de maniobra y las poleas de reenvío de los ascensores deben instalarse en locales especialmente adecuados para ellos, que no deben ser accesibles más que al personal técnico encargado de su conservación y reparación.

Cuarto de máquinas

El cuarto de máquinas, salvo excepciones muy justificadas, debe instalarse en la parte superior del recinto, esta disposición es la más ventajosa desde todos los puntos de vista.

Cuarto de poleas

El cuarto de poleas se construye para alojar generalmente las poleas de reenvío cuando se instala el grupo tractor en el sótano del edificio.

6.2.6. CABINA.

La cabina es el elemento portante del aparato elevador donde se alojan las personas para ser transportadas al piso de destino en forma confortable, las hay de diferentes capacidades que se escogen según el edificio de que se trate, generalmente está formada por dos elementos principales: Bastidor y Caja. Ver fig. 6.5.

a) El bastidor de acero, es el elemento resistente al que se fijan los cables de suspensión y el mecanismo de paracaídas.

b) La caja, fijada sobre el bastidor, es el elemento portante propiamente dicho.

Para evitar que se puedan embarcar un número de pasajeros superior a los que permita la carga del ascensor se establece una relación entre la superficie del suelo de la cabina y el número de pasajeros de acuerdo con la tabla 6.1.

La carga mínima que se debe prever es de 75 kg. por persona, pero no hay inconveniente, en que los constructores prevean una carga mayor por persona. Algunos constructores proyectan cargas de 80 kg. por persona.

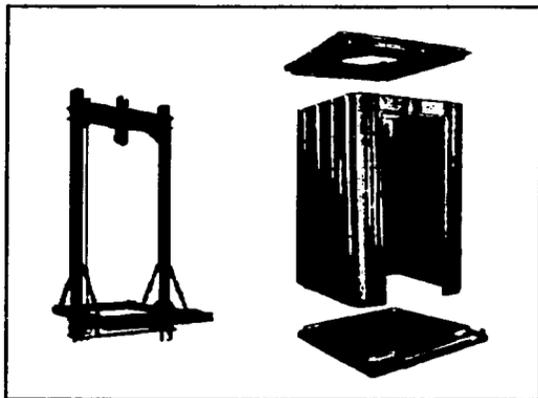


Fig. 6.5. a) Bastidor de cabina, b) Caja de la cabina.

Por cada persona más, se añadirán 0.12 m^2 .

Las cargas señaladas en la tabla 6.1 se han calculado a razón de 75 Kg. por persona.

Si la relación del suelo de la cabina con respecto a la carga, rebasa los $0.5 \text{ m}^2 / 100 \text{ kg.}$, es obligatorio instalar un limitador de carga que impida la marcha de la cabina en caso de sobrecarga. Este dispositivo puede instalarse en la suspensión de la cabina, o bajo su suelo basculante como el de la fig. 6.6, formado por un microinterruptor, que corta la serie general de puertas e impide el funcionamiento del ascensor

Tabla 6.1. Número de pasajeros y carga máxima autorizada en los aparatos elevadores según la superficie de la cabina.

Número de pasajeros	Carga mínima equivalente (Kg)	Superficie útil en m^2	
		Máxima	Mínima
2	150	0.60	0.50
3	225	0.80	0.61
4	300	1.00	0.81
5	375	1.20	1.01
6	450	1.40	1.21
7	525	1.55	1.41
8	600	1.70	1.56
9	675	1.85	1.71
10	750	2.00	1.86

Los limitadores se instalan siempre en los elevadores con maniobra colectiva. Dicha maniobra, que se verá más adelante con más detalle, hace parar la cabina en todos los pisos en que es solicitada, por llevar un registro de llamadas. En cuanto la carga llega al 80 % de la carga permitida, el limitador impide la parada de la cabina, en el resto del recorrido, aunque tenga llamadas pendientes por atender, hasta que se produzca una descarga de pasajeros, en algunas de las paradas ya programadas. Y si por embarcar demasiados pasajeros se llega a cargar la cabina por encima del 110 % de su carga máxima, el ascensor no arranca, y por lo regular suena un gong, y se enciende un rótulo luminoso que avisa que la carga es excesiva. Y hasta que no se aligera la carga, por debajo de la permitida, el ascensor no arranca.

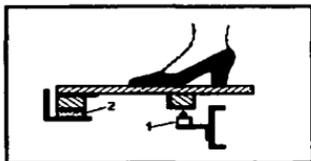


Fig. 6.6. Limitador de carga instalado bajo el suelo basculante de la cabina.
1.- Microinterruptor. 2.- Apoyo amortiguador de caucho.

El alumbrado de la cabina se realizará por dos instalaciones de funcionamiento independiente:

- a) Alumbrado permanente de 20 lux que permanezca en servicio siempre que el ascensor tenga tensión, no pudiéndolo dejar fuera de servicio con ningún interruptor desde el interior de la cabina.
- b) Además deben llevar las cabinas otro alumbrado intensivo de 100 lux que pueden ponerse en servicio por medio de un interruptor desde el interior de la cabina, o se pone en servicio la iluminación intensiva automáticamente cuando entra un pasajero, al cortar el rayo luminoso de la célula fotoeléctrica, del dispositivo de seguridad de la puerta de entrada de la cabina, y no se apaga hasta algunos segundos después de haberse detenido la cabina.

6.2.7. CONTRAPESO.

El contrapeso tiene como misión equilibrar el peso de la cabina más un 40 o 50 % de la capacidad de carga autorizada. De esta forma, se reduce notablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, reduciéndose la potencia necesaria y energía consumida casi a la cuarta parte. Es decir, sólo es necesaria potencia motriz para el desplazamiento del 50 % de la carga, tanto vaya el ascensor vacío, como completamente cargado.

Y si sólo transporta un 50 % de la carga nominal, como es muy frecuente, queda el conjunto perfectamente equilibrado con el contrapeso.

Los contrapesos están constituidos por bloques generalmente de fundición de hierro, los bloques van unidos por un bastidor o por dos tirantes de acero. Ver la figura 6.7.

6.2.8. PUERTAS DE LA CABINA.

Las puertas de las cabinas deberán reunir las siguientes condiciones:

- a) Construcción. Deberán ser de superficie continua o llena.
- b) Resistencia mecánica. Las puertas de cabina cerradas deben resistir, una fuerza horizontal de 300 N (30 Kgf) aplicada perpendicularmente desde el interior de la cabina hacia el exterior.
- c) Cierre de la entrada. Cuando las puertas de la cabina estén cerradas deben cubrir totalmente las entradas.
- d) Huelgos. Las holguras entre las hojas de las puertas, o entre hojas y montantes y entre las puertas y el dintel o el umbral deben ser lo más pequeño posible para reducir el riesgo de cizallamiento.
- e) Dimensiones. Las dimensiones mínimas de las entradas de las cabinas serán 1.90 m. de altura y 0.60 m. de ancho.
- f) Mirillas. Se deberán llevar una o más mirillas de suficiente transparencia, para que permitan ver desde su interior la numeración de los pisos. Lo cual se debe de prescindir si la cabina lleva indicador luminoso de piso.

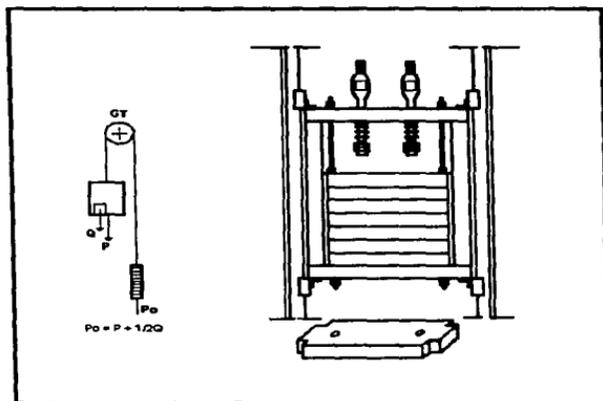


Fig. 6.7. Contrapeso

Las puertas de la cabina deben estar equipadas con contactos eléctricos, que actúen como enclavamientos que impidan el funcionamiento del elevador si la puerta está abierta, salvo en operación automática de parada. Ver la figura 6.8.

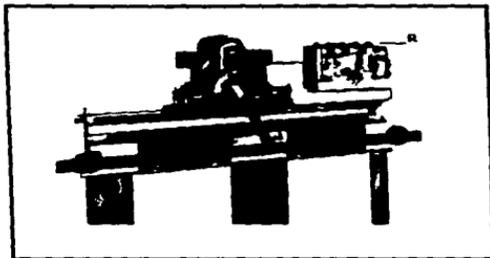


Fig. 6.8. Operador de puertas automáticas.

El accionamiento de las puertas automáticas lo realiza un dispositivo denominado operador de puertas, instalado en el techo de la cabina, compuesto de un pequeño motor eléctrico, un reductor de velocidad, un freno y un sistema de cadena sin fin o de palancas, que transforma en lineal el movimiento del motor a través del reductor de velocidad que lo transmite a las puertas.

En ausencia de la cabina en algún piso, los contrapesos de las puertas mantienen cerradas las puertas de acceso y enclavadas mecánica y eléctricamente.

Hay dos clases de dispositivos de seguridad en las puertas automáticas:

- a) Los que actúan por *contacto*, que es instalado obligatoriamente por algunas compañías. Estos dispositivos actúan en cuanto el borde de una puerta encuentra algún obstáculo en su camino, que detiene su movimiento, y provoca su reapertura inmediata, por ejemplo cuando la puerta golpea accidentalmente a un pasajero.

Dicho dispositivo está compuesto de un microinterruptor, intercalado en la cadena cinemática de la maniobra mecánica de la puerta, que se cierra en cuanto la puerta en su movimiento, encuentra algún obstáculo, activando el relé de reapertura de las puertas que interrumpe la maniobra de cierre y activa el relé de apertura, hasta que las puertas vuelven a quedar totalmente abiertas.

b) Los que actúan por *detección*. Estos dispositivos mantienen las puertas abiertas mientras van entrando pasajeros, sin que las puertas lleguen a golpearlos, permitiendo así que la cabina se llene sin recurrir a inmovilizar las puertas con el stop.

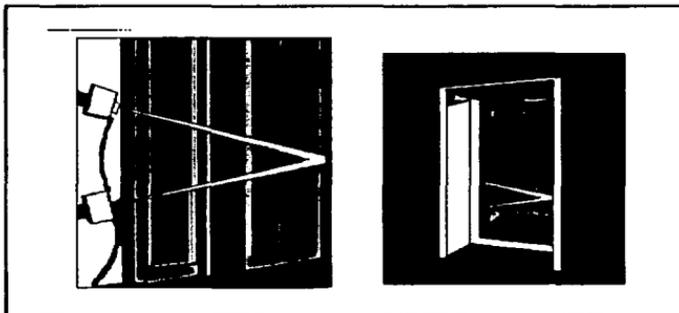


Fig. 6.9. Dispositivo de seguridad de puertas automáticas por células fotoeléctricas.

Estos dispositivos funcionan y hacen retroceder las puertas en cuanto se interpone algún obstáculo en su trayectoria, sin llegar a hacer contacto con él. Los dos dispositivos más empleados son los detectores luminosos y los detectores electrónicos.

Los detectores luminosos se componen de un emisor de luz, situado en una de las jambas de la puerta de cabina, que envía un rayo luminoso a una célula fotoeléctrica, situada en la jamba opuesta de la misma puerta. Si corta el rayo luminoso algún obstáculo, cuando se están cerrando las puertas, se acciona un relé de reapertura de puertas, que produce la inmediata detención de cierre de estas, y a continuación su reapertura total. Ver la figura 6.9.

Los detectores electrónicos, funcionan con un principio similar al del puente de Wheatstone.

6.2.9. CABLES DE SUSPENSIÓN.

Las cabinas y contrapesos están suspendidos generalmente por cables de acero. La tracción de estos para el movimiento de la cabina se puede realizar por dos procedimientos:

- a) Por *adherencia* de los cables en la garganta de la *polea de arrastre* del grupo tractor.
- b) Por *arrollamiento* del cable en un *tambor* que hace girar el grupo tractor.

En la actualidad casi no se usa el tambor de arrollamiento, pues la tracción por adherencia ofrece mayores ventajas:

1. Es más sencilla y por lo tanto más económica que la de tambor.
2. Permite la instalación de elevadores de cualquier altura, lo que no es posible con las de tambor, cuyas dimensiones empiezan a ser exageradísimas a partir de 20 ó 25 m. de altura.
3. El arrastre por adherencia permite una seguridad adicional, para el caso de que fallen los finales de carrera, puesto que entonces se apoya el contrapeso en sus topes en la subida, o en los suyos la cabina en la bajada y deslizándose los cables en la garganta de la polea motriz al perder la tensión necesaria, queda la cabina inmóvil y todo el año se reduce a un desgaste adicional de la garganta por el roce de los cables. En cambio con el tambor de arrollamiento seguiría subiendo la cabina con el riesgo de roturas y peligro de accidente.

Las poleas que arrastran los cables por adherencia, tienen tres características que las definen: su diámetro, el perfil de sus gargantas o canales y el material de que están construidas.

Por lo tanto, es necesario instalar una *polea de desvío*, para situar los *cables de suspensión* de la cabina y contrapeso a la distancia necesaria. Si esta polea se coloca al mismo nivel que la de arrastre, el ángulo del arco de contacto de los cables con la polea de arrastre se reduciría a 90° , insuficiente para evitar el deslizamiento. Por eso se colocan las poleas de desvío a una altura inferior, con lo cual se consiguen ángulos muy superiores.

Los *cables de suspensión* utilizados en los elevadores están formados de alambre de acero, pero en lugar de enrollarse todos entre sí, se enrollan en grupos, formando lo que se denomina cordón, que a su vez se enrollan sobre un alma generalmente de fibra vegetal, impregnada fuertemente de una grasa especial, que asegura el engrase del cable durante mucho tiempo.

6.2.10. GRUPOS TRACTORES.

Se cuentan con dos sistemas de accionamiento:

- a) Por adherencia, empleando poleas y cables.
- b) Por arrastre, empleando tambor de arrollamiento y cables, o bien, empleando piñones y cadenas.

Velocidad máxima posible entre dos paradas consecutivas

Si se presenta, la velocidad de un ascensor en función del tiempo, entre dos paradas consecutivas se observa que la curva consta de un tramo inclinado OA, que corresponde al período de aceleración desde el arranque; otro tramo sensiblemente horizontal AB, que corresponde a la velocidad nominal o de régimen; y finalmente otro tramo inclinado, en sentido contrario al anterior, que corresponde al período de desaceleración previo a la parada y que hemos representado por la recta BC. Ver la figura 6.10.

Cuanto mayor sea la velocidad nominal que se deba alcanzar, mayor será la longitud de los tramos inclinados OA y BC, para una misma aceleración y desaceleración.

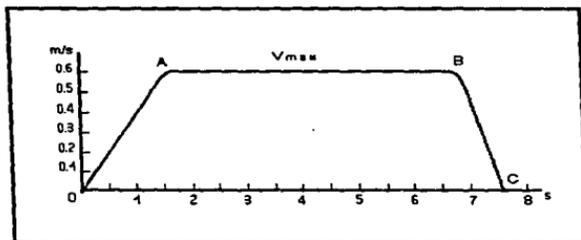


Fig.6.10. Gráfico de la velocidad en función del tiempo, de un aparato elevador. El tramo OA, corresponde al período de aceleración; el tramo AB a la marcha a la velocidad de régimen; y el tramo BC al período de desaceleración.

Aceleraciones y velocidades utilizadas en los elevadores

Las aceleraciones utilizadas en los elevadores oscilan entre 0.5 m/s^2 , para los elevadores lentos, y 1.5 m/s^2 utilizados para los elevadores rápidos.

De acuerdo con estos valores, se puede calcular la velocidad máxima teórica posible para elevadores con paradas probables en todos los pisos de su recorrido. Por ejemplo, para una aceleración de 0.5 m/s^2 y una altura considerada de 3 m, se tiene:

$$V = \sqrt{(a H)} = 1.23 \text{ m/s}$$

y si se aumenta la aceleración, a 1.5 m/s^2 y aplicando la misma fórmula tenemos una velocidad de 2.12 m/s .

Las aceleraciones fuertes exigen grandes pares de arranque y mayor potencia de motor, por lo que en general las aceleraciones de 1.50 m/s^2 o similares sólo se emplean para los elevadores muy rápidos, con dispositivos de variación de velocidad en el arranque y en la parada progresivos, del tipo Ward Leonard y similares para obtener una buena nivelación, ya que ésta depende en gran parte de la velocidad a la que se aplica el frenado.

El frenado final en los elevadores se efectúa aprisionando entre dos zapatas el tambor del freno montado en el eje motriz u otro unido a él por engranes. Según sea el apriete de las zapatas sobre el tambor, será en general la eficiencia del freno.

Potencia necesaria para los elevadores

Normalmente se calcula la potencia necesaria englobando todas las resistencias pasivas en un coeficiente de rendimiento. Así se puede fácilmente calcular la potencia por la siguiente expresión:

$$P = Qv / 75 n$$

siendo v la velocidad en m/s
 Q la carga no equilibrada
 n el rendimiento global que varía de 0.4 a 0.5

Grupos tractores

Los grupos tractores están normalmente formados por un grupo motor, acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada la polea acanalada que arrastra los cables por adherencia.

Motor

Los motores más utilizados en los grupos tractores, son trifásicos, de tipo de rotor de jaula de ardilla y se construyen para 90 y 120 arranques por hora en la ventilación que lleva el motor.

Reductor

El reductor está formado por un sinfín de acero engranado con una corona de bronce, montados en una carcasa o cárter de fundición que muchas veces forma un conjunto con las guías sobre las que se asienta el motor.

Freno

En el mismo eje del sinfín del reductor va generalmente montado el tambor del freno, que muchas veces actúa como acoplamiento con el motor. El tambor sobre el que actúa el freno, debe estar acoplado por un enlace mecánico a la polea.

6.2.11. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS TRACTORES.

La construcción y características de los grupos tractores y sobre todo de los motores con que van equipados, varía según sea la velocidad nominal del elevador y el servicio que deben prestar.

Grupos tractores con motor de una velocidad

Los grupos tractores con motor de una velocidad, sólo se utilizan para elevadores de velocidades hasta 0.70 m/s, ya que para velocidades mayores su nivel de paradas es muy impreciso y varía mucho con la carga, incluso es distinto en subida que en bajada.

Grupos tractores con motores de dos velocidades

El sistema más sencillo y actualmente más empleado, para obtener una velocidad de nivelación pequeña para conseguir un frenado con el mínimo de error, es el empleo de motores de dos velocidades.

Este sistema se aplica a los elevadores de velocidades de régimen comprendida entre 1 m/s e incluso desde 0.8 m/s hasta 1.50 m/s y de nivelación de 1/5 de la de régimen, es decir, de 0.20 a 0.30 m/s.

Tabla 6.2. Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad, tráfico y aplicaciones

Clase de instalación	Velocidad de régimen	Grupo tractor
Edificios de viviendas hasta 8 plantas	Hasta 0.70 m/s	Con reductor y motor asíncrono de una velocidad
Edificios de viviendas de 9 plantas y oficinas	De 1 a 1.50 m/s	Con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de oficinas, comerciales y hospitales (montacamillas)	1.50 a 2 m/s	Motor de corriente continua con regulación Ward Leonard y reductor.
Edificios de oficinas y comerciales con tráfico intenso	Mayor de 2 m/s	Motor de corriente continua con regulación Ward Leonard y tracción directa
Almacenes y talleres montacargas o elevadores mixtos de grandes cargas, y a veces montacamillas de hospitales	Hasta 0.70 m/s	Con dos motores

Grupos tractores con dos motores

Otro sistema para lograr una buena nivelación es la utilización de dos motores, uno para la marcha a la velocidad de régimen y otro para la velocidad reducida de nivelación que releva al principal, acoplándose al reductor por medio de un embrague.

La parada del motor principal y la puesta en marcha y embrague del motor de nivelación se realiza por medio de un interruptor centrifugo.

El motor auxiliar puede ir acoplado al sinfín por correas trapezoidales, o por medio de un grupo reductor.

Grupos tractores con motores de corriente continua y equipos Ward Leonard

Los grupos tractores con motores de dos velocidades o con dos motores se utilizan para velocidades hasta 1.50 m/s. Para velocidades mayores y servicio intensivo, los grupos tractores deben reunir dos cualidades fundamentales:

- a) Deben ser capaces de aceleraciones elevadas, para acortar los tiempos de arranque y al mismo tiempo, deben estar estas aceleraciones, perfectamente estudiadas y controladas para reducir al mínimo las molestias de los usuarios.
- b) Deben poder funcionar con desaceleraciones también elevadas, hasta llegar a detener prácticamente la cabina antes del frenado, para obtener nivelaciones lo más perfectas posibles.

Estas condiciones las cumplen los grupos tractores con regulación Ward Leonard equipados con motores de corriente continua cuya velocidad es prácticamente proporcional a la tensión de alimentación que reciben de un grupo convertidor formado por un motor asíncrono y un generador o dinamo que recibe la corriente de excitación de una excitatriz shunt, a través de un contactor-inversor y un reóstato accionado por un servomotor. Las tres máquinas que forman el convertidor motor asíncrono, generador y excitatriz están montadas en el mismo eje formando una sola máquina.

La variación de tensión de la corriente continua producida por el generador del convertidor, se realiza variando la corriente de excitación que llega a la excitatriz por medio del reóstato. Véase la figura 6.11.

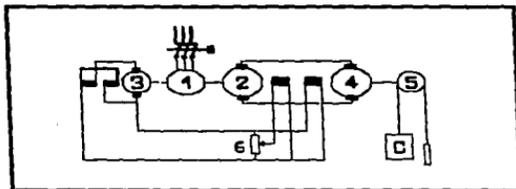


Fig. 6.11. Representación esquemática de un grupo tractor con motor de CD (4), con su polea motriz (5), alimentado a tensión variable por un equipo Ward Leonard compuesto por un motor de CA (1), acoplado en el mismo eje a un generador de CD (2), y un excitatriz Shunt (3). La variación de velocidad se realiza por medio de un reóstato (6), accionado por un servomotor.

El grupo funciona de la manera siguiente: en cuanto un pasajero pulsa el botón de alguna maniobra el contactor-inversor cierra el circuito correspondiente al sentido de marcha deseado, y simultáneamente se mueve el servomotor que acciona el reóstato, con lo que el generador produce corriente de tensión creciente, que recibe el motor de corriente continua, aumentando su velocidad hasta la de régimen. Poco antes de llegar al piso ordenado se produce la maniobra en sentido contrario, aumenta la resistencia del reóstato, y disminuye la tensión producida por el generador y disminuye también la velocidad del motor hasta su paro total, en cuyo momento actúa el freno mecánico y el elevador queda bloqueado al nivel exacto.

Grupos tractores con equipos Ward Leonard de regulación electrónica

La regulación de los grupos Ward Leonard se puede realizar electrónicamente utilizando un equipo electrónico similar al representado en la figura 6.12. En estos grupos la tensión de la bobina del generador de corriente continua del grupo convertidor se regula por medio de un dinamo tacométrico colocado en el eje del grupo tractor que suministra una tensión proporcional a la velocidad de este eje y por tanto de la cabina a un comparador que produce una tensión resultante con la que debía de dar, de acuerdo con la velocidad programada.

Esta tensión diferencial se transmite a un amplificador electrónico, que aplica la tensión de excitación adecuada al generador de corriente continua, y éste produce la tensión justa para que el motor gire a la velocidad programada. Este dispositivo tiene la ventaja de que según sea la carga positiva o negativa, (mayor o menor que la carga equilibrada con el contrapeso), el motor de corriente continua funciona como motor o generador, permitiendo recuperar energía en este último caso.

Con estos equipos se produce la parada a nivel exacto, sin intervención del freno mecánico, que sólo actúa para mantener bloqueado el elevador una vez detenido, o para las paradas de emergencia.

Grupos tractores de corriente alterna y frenado regulado electrónicamente

Los grupos tractores con motor de corriente alterna y frenado regulado electrónicamente, constituyen un equipo intermedio entre los equipados con mando Ward Leonard, y los grupos con motor de corriente alterna de dos velocidades. Tienen la ventaja de que son mucho más económicos y ocupan menos espacio que los primeros, y en cambio frenan con la misma suavidad y precisión a nivel exacto con cualquiera que sea la carga de la cabina.

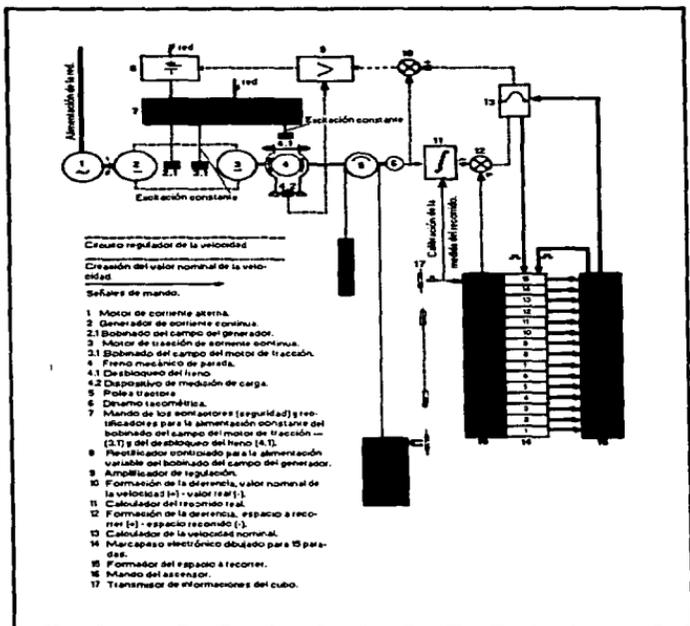


Fig. 6.12. Esquema del principio de un grupo tractor con motor de CD alimentado por convertidor Ward Leonard, pero con regulación de tensión electrónica.

6.2.12. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

Los dispositivos de seguridad que actúan en caso de fallo o rotura de algunos elementos funcionales son:

Paracaídas

La cabina de los elevadores, debe estar equipada, con un paracaídas capaz de detenerlo con plena carga, incluso en el caso de roturas de un órgano de sustentación, apoyándose sobre sus guías.

Los paracaídas de las cabinas sólo deben actuar en marcha descendente.

En los contrapesos, sólo es obligatorio la instalación de paracaídas en el caso de que se encuentre el recinto sobre lugares accesibles a personas.

Clases de paracaídas

1.- Paracaídas de rotura o desequilibrio de cables. Es un mecanismo que se instala en el bastidor del contrapeso, capaz de detenerlo en plena carga en su descenso, acuñado sobre guías en caso de rotura, aflojamiento o desequilibrio de los cables de suspensión.

2.- Paracaídas de aceleración. Actúan cuando la cabina adquiere una velocidad superior a la normal a partir de un porcentaje prefijado, cualquiera que sea la causa de la aceleración: rotura de los cables, rotura del grupo tractor, etc.

3.- Paracaídas de acción instantánea. El cable delimitador de velocidad, no hace más que tirar de la timonería que acciona las zapatas, que al deslizarse sobre el plano inclinado en que están instaladas, se acercan, presionan y se agarran cada vez con más fuerza sobre las guías, hasta llegar a producir el acuñamiento del bastidor de la cabina o del contrapeso.

Limitadores de velocidad

El limitador de velocidad actúa en caso de que la velocidad de la cabina exceda de la normal, es un aparato instalado generalmente en el cuarto de máquinas, provisto de una polea acanalada que actúa de tensora en el foso del recinto, se mueve un cable de acero unido por uno de sus ramales al paracaídas de la cabina. Mientras la cabina se desplaza a su velocidad nominal, el cable delimitador se desplaza con ella. Pero en cuanto, por rotura de los cables de suspensión o por otra causa la cabina empieza a descender con movimiento acelerado, al llegar a adquirir una velocidad prefijada, se bloquea la polea del limitador y con ella el cable, dando un tirón a la palanca del paracaídas al que va fijado, y accionando así el mecanismo que apretará las zapatas sobre las guías y detendrá la cabina.

El tiempo de respuesta del limitador de velocidad debe ser lo suficientemente corto para evitar que la cabina pueda alcanzar una velocidad peligrosa en su caída, cuando actúe el paracaídas.

Todos los limitadores de velocidad deben ir equipados con un interruptor que corte el circuito del motor o de freno ligeramente antes, o como máximo en el mismo momento de bloqueo.

Finales de carrera

Los interruptores denominados finales de carrera tienen por objeto detener el ascensor, cuando por algún defecto el funcionamiento de las últimas paradas superior o inferior de su recorrido, las rebasa la cabina sin detenerse.

Estos interruptores deben ser siempre mecánicos y su accionamiento debe obligar a la separación de sus contactos aun por arrancamiento.

Se instalan en las guías a continuación de los dispositivos que provocan las paradas de la cabina en los extremos más alto y más bajo de su recorrido. Generalmente están accionados por una pequeña palanca con una rondana en su extremo libre, sobre la que actúa el resbalón o patín de instalado en la cabina, abriendo, al moverse la palanca, dos contactos intercalados en el circuito de alimentación de la maniobra, que al quedar cortada, detiene el ascensor.

Tabla 6.3. Velocidades máximas de los aparatos elevadores, para los que debe actuar el limitador de velocidad y distancias mínima y máxima de frenado, de acuerdo con las normas americanas del American Standard Safety Code for Elevators.

Velocidad nominal		Velocidad de frenado		Distancia de parada mínima		Distancia de parada máxima	
pies/min	m/s	pies/min	m/s	pies-pulg	cm	pies-pulg	cm
0-125	0-0.63	175	0.89	0-6	0.15	1-3	0.33
150	0.76	210	1.06	0-6	0.15	1-4	0.40
175	0.88	250	1.27	0-8	0.20	1-7	0.48
200	1.01	280	1.42	0-9	0.22	1-10	0.55
225	1.14	308	1.56	0-10	0.25	2-0	0.60
250	1.27	337	1.71	0-11	0.27	2-3	0.68
300	1.52	395	2.00	1-1	0.33	2-9	0.83
350	1.77	452	2.29	1-3	0.38	3-4	1.01
400	2.03	510	2.59	1-6	0.45	4-0	1.21
450	2.28	568	2.88	1-9	0.53	4-10	1.47
500	2.54	625	3.17	2-1	0.63	5-8	1.72
600	3.04	740	3.75	2-9	0.83	7-7	2.31
700	3.55	855	4.34	3-7	1.09	9-10	2.99
800	4.06	970	4.92	4-6	1.37	12-6	3.81
900	4.57	1085	5.51	5-5	1.65	15-3	4.64
1000	5.08	1200	6.09	6-8	2.03	18-6	5.58
1100	5.58	1320	6.70	7-11	2.41	22-4	6.80
1200	6.09	1440	7.31	9-4	2.84	26-4	8.02
1300	6.60	1560	7.92	10-11	3.35	30-11	9.42
1400	7.11	1680	8.53	12-7	3.83	35-7	10.84
1500	7.62	1800	9.14	14-5	4.39	40-10	12.44

Salvavidas

Quando el recinto de los aparatos elevadores, no sea, totalmente cerrado, deberán estar provistas las cabinas de un salvavidas que cubra toda su parte inferior, y que produzca una parada inmediata al tropezar con cualquier obstáculo en su descenso, con una presión de 4 Kg. o más.

Dispositivo de seguridad contra el aflojamiento de cables

Este dispositivo consiste en un interruptor colocado en el amarre de los cables, que cierra el circuito de la serie de maniobras en que está intercalado, mientras recibe a través de los cables el tiro correspondiente al peso de la cabina o del contrapeso.

En cuanto, por cualquier causa, se produce el aflojamiento de los cables de suspensión, se abre el interruptor, y se corta la serie general de la maniobra, deteniendo el grupo tractor.

Dispositivo de parada de emergencia

Permiten la parada del elevador dejando sin efecto los mandos de cabina y pisos.

Un dispositivo de parada, interrumpe la maniobra, corta la alimentación del motor del grupo tractor y actúa el freno, a la velocidad de régimen del elevador. Los mandos de los dispositivos de parada son en general interruptores que abren el circuito de la serie general de la maniobra.

En los elevadores hay 4 dispositivos de parada, situados en:

- a) la botonera de mandos de la cabina.
- b) sobre el techo de la cabina.
- c) el cuarto de poleas.
- d) el foso.

Timbre de alarma

Los pasajeros de los elevadores deben tener en la cabina a su disposición, un dispositivo fácilmente identificable y accesible que les permita pedir socorro en caso de avería o cualquier otra emergencia.

En general se instala un pulsador en la cabina, y un timbre en el techo de la cabina. Pero en grandes instalaciones se instalan interfonos.

Alumbrado de emergencia

La instalación de la luz de la cabina, se acostumbra conectar a la red que alimenta el alumbrado de la escalera.

Sin embargo es recomendable sobre todo en los elevadores con cabinas de puertas automáticas, la instalación de alumbrado de emergencia con batería de carga constante, y así en caso de corte total del suministro de la red, queda iluminada la cabina.

CAPÍTULO

7

**EQUIPOS DE MANIOBRA
DE LOS
ELEVADORES**

CAPÍTULO 7

EQUIPOS DE MANIOBRA DE LOS ELEVADORES

7.1. TIPOS DE MANIOBRA.

El mando de los elevadores, es en general automático y sólo se utiliza mando manual, atendido por un empleado, en algunos elevadores de grandes edificios. Y aún en muchos casos el mando es automático, y el ascensorista, sólo se cuida de una mejor organización del recorrido.

El mando automático, se realiza por medio de pulsadores de llamada en cada piso, y una vez dentro de la cabina, accionando el pulsador del piso, al que desea ir el pasajero.

La respuesta del elevador a estas órdenes, no es la misma en todos los elevadores, pues mientras que los elevadores con maniobra automática normal, no registra ni atiende más que una orden, y hasta que no la completan, no quedan en disposición de atender otra. Los elevadores de maniobras colectivas, registran todas las llamadas que estén de acuerdo con su programa, y las van cumpliendo en el orden adecuado, como veremos más adelante.

Las maniobras más utilizadas son las siguientes:

Para un solo elevador

- a) Maniobra automática simple.
- b) Maniobra simple colectiva en bajada.
- c) Maniobra simple colectiva en subida y bajada.
- d) Maniobra de elevadores de dos velocidades con equipo Ward Leonard.
- e) Maniobra de elevadores de puertas automáticas.

Para dos o más elevadores

- a) Maniobra combinada.
- b) Maniobra dúplex.
- c) Maniobra dúplex colectiva en bajada.
- d) Maniobra dúplex colectiva en subida y bajada.
- e) Maniobra de batería de elevadores con programación variable.

Prioridades

Las maniobras de los elevadores que veremos van equipados con relés temporizadores que dan las siguientes prioridades:

1. Un relé temporizador bloquea la maniobra, después de cada parada, para impedir, al menos durante 5 segundos, la puesta en marcha del elevador. Esto tiene por objeto dar a los pasajeros tiempo, una vez parado el elevador, para salir o entrar en la cabina sin ningún peligro.
2. Los mandos de la cabina tienen una prioridad de 3 segundos desde el cierre de las puertas, sobre los mandos de los pisos. Es decir, que los pasajeros de la cabina disponen de 3 segundos para pulsar el pulsador del piso ordenado, antes de que los pasajeros de los pisos puedan ordenar sus llamadas.

Las maniobras colectivas no ofrecen ninguna prioridad sobre los pisos a los pasajeros de la cabina.

7.1.1. MANIOBRA AUTOMÁTICA SIMPLE.

Es la más utilizada, y consta de los siguientes elementos de mando de señalización y maniobra:

Mandos y señales en la cabina y en piso

Una botonera con un pulsador por cada piso, otro de alarma y uno más de interruptor de parada.

Funcionamiento de la maniobra

Subida

A partir del momento en que se cierran todas las puertas, el pasajero de la cabina dispone de una preferencia, de por lo menos 3 segundos sobre los pasajeros de los pisos, para ordenar la marcha de la cabina. Esto lo hace pulsando simplemente el pulsador correspondiente al piso de su destino. Si son varios los pasajeros, debe pulsar primero el del piso más bajo. Una vez llegado a él y desembarcado el pasajero y cerradas las puertas, se pulsará el pulsador del piso siguiente, y así sucesivamente, se van pulsando los pulsadores correspondientes a los pisos de destino de los pasajeros embarcados y siempre, como es natural, en orden del más bajo al más alto.

Bajada

Los pasajeros de los pisos llamarán a la cabina pulsando el pulsador de llamada, siempre que no esté encendida la señal roja de ocupado, pues en caso contrario no quedará registrada la llamada, ni será atendida. Una vez la cabina en el piso, lo que se advertirá a través de la mirilla de la puerta o por la señal verde de presencia de la cabina, puede abrir las puertas de piso y cabina, y en los segundos de preferencia que dispone sobre cualquier otro pasajero de piso, puede ordenar la marcha de la cabina, sin temor a ninguna interferencia.

La figura 7.1 muestra el recorrido total de un elevador con maniobra automática simple, para atender el número de personas que se disponen en los pisos ilustrados.

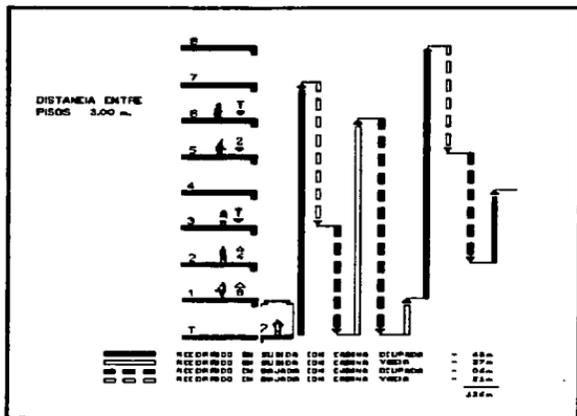


Fig. 7.1. Rendimiento de la maniobra automática simple.

7.1.2. MANIOBRA SIMPLE COLECTIVA EN BAJADA.

Los ascensores provistos de esta maniobra, disponen de una memoria que va registrando los órdenes de subida o bajada, de los pasajeros de la cabina. En cambio sólo registra en esa memoria las órdenes de bajada de los pasajeros que esperan en los pisos, pero no las de subida.

Funcionamiento de la maniobra

Subida

Para que funcione el ascensor deben estar bien cerradas las puertas de la cabina, y todas las de los pisos.

Los mandos de la cabina tienen también una preferencia de 3 segundos sobre los de los pisos, a partir del momento en que, cerradas las puertas, queda el elevador en posición de marcha. O a partir de la entrada en la cabina de cada pasajero, en los elevadores de puertas automáticas, con célula fotoeléctrica en el umbral de la puerta.

A medida que entran los pasajeros en la cabina, van pulsando los pulsadores correspondientes a los pisos que les interesan. Una vez embarcado el último pasajero, se pone en marcha la cabina automáticamente, y va parando en los pisos registrados, poniéndose otra vez en marcha una vez salido el último pasajero con destino a ese piso y cerradas las puertas. Durante la subida no atiende ninguna llamada de piso, salvo la del piso más alto, siempre que este por encima del más elevado registrado por los pasajeros de la cabina para subir. Una vez en este piso, embarca el pasajero o pasajeros, y como siempre, éstos tienen 3 segundos de preferencia una vez cerradas las puertas, sobre todas las llamadas de pisos para decidir el sentido de la marcha. Si pulsan un botón para subir más alto, al elevador ascenderá, aunque hubiese registradas llamadas de bajada.

Bajada

Si los pasajeros ordenan bajada, descenderá, deteniéndose automáticamente en todos los pisos en que hubiera registradas llamadas para bajar.

La fig. 7.2 muestra el recorrido total de un elevador de maniobra simple colectiva en bajada, para el mismo número de personas de la maniobra anterior.

Exceso de carga

Si entran en la cabina un número de pasajeros que suponga una carga superior al 110 % de la carga autorizada se iluminará el indicador de sobrecarga y sonará la señal acústica de aviso, y el ascensor no arrancará, hasta que desembarquen los pasajeros necesarios para no rebasar la carga máxima.

Si la carga que ha quedado al 80 % de la máxima, pero inferior a ésta, el elevador arrancará, pero no se detendrá la cabina para atender ninguna llamada de piso en su recorrido, aunque haya sido registrada, hasta que desembarquen pasajeros y se reduzca la carga a menos del 80 % de la carga máxima.

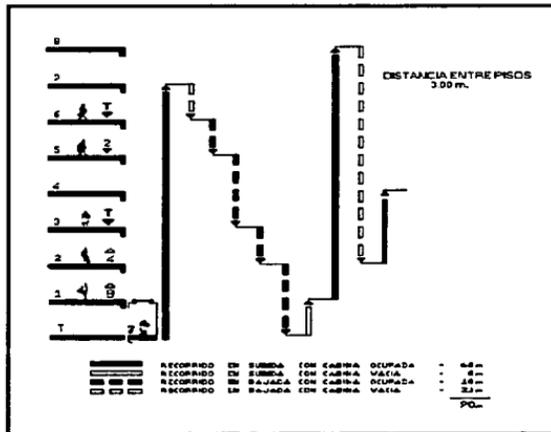


Fig. 7.2. Rendimiento de la maniobra automática simple.

7.1.3. MANIOBRA SIMPLE COLECTIVA EN SUBIDA Y BAJADA.

Con ésta maniobra, la cabina no sólo se detiene y recoge pasajeros de pisos en el descenso como lo hace la maniobra anterior, sino también en la subida.

Funcionamiento de la maniobra.

Subida

A medida que entran los pasajeros en la cabina van pulsando los botones correspondientes a los pisos que les interesa y quedan las órdenes registradas en la memoria. Una vez entrado el último, y cerradas las puertas, la cabina se pone en marcha y va parando sucesivamente en los pisos registrados, por los pasajeros de la cabina, y además en los pisos, en los que los pasajeros de los pisos hayan pulsado el pulsador de las llamadas para subida. No responderá a las llamadas de pisos para bajar, aunque los registre la memoria. Atenderá, sin embargo la llamada para bajar del piso más elevado por encima del último a que haya sido llamado para subir.

Bajada

La cabina va recogiendo a todos los pasajeros de todos los pisos en que haya sido pulsado el pulsador de bajada. A medida que los pasajeros entran, pulsan el pulsador correspondiente al piso que les interesa para registrarlo en la memoria, y siempre bajando, la cabina se irá deteniendo en todos los pisos ordenados, por los pasajeros de la cabina y de los pisos hasta llegar a la planta baja.

La figura 7.3 muestra el recorrido total de un elevador de maniobra simple colectiva en subida y bajada, para el mismo número de personas de las maniobras anteriores. El exceso de carga se maneja igual que en la maniobra anterior.

Espera de órdenes

Una vez cumplidas todas las órdenes registradas, la cabina se detiene en el último piso servido, o desciende automáticamente a la planta baja, si así se prefiere.

El elevador está dotado de un relé de preferencia, para los pasajeros que esperan en la última parada de cada viaje, para darles tiempo a entrar y registrar su orden, a partir de la cual, se establecerá el sentido de marcha del elevador, en el que seguirá hasta que se agoten las órdenes en este sentido, aunque hubiese registradas órdenes en sentido contrario.

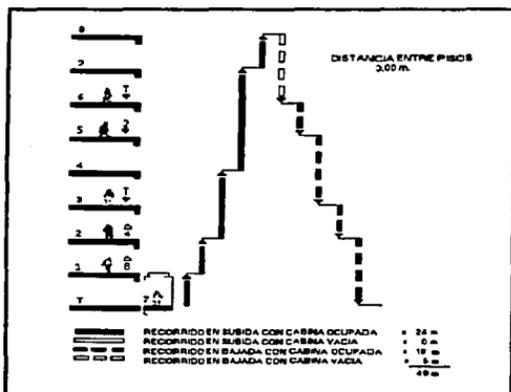


Fig. 7.3. Rendimiento de la maniobra automática simple colectiva en subida y bajada.

7.1.4. MANIOBRA DÚPLEX.

La maniobra dúplex es una verdadera maniobra única para dos elevadores, con la que se logra el máximo rendimiento de ambos aparatos. Al calcular el número de elevadores necesarios para un edificio, se considera que con dos elevadores se reduce a la mitad los tiempos de espera, y se duplica la capacidad de transporte.

Con la maniobra dúplex hay una sola botonera en cada piso. Cuando se ha respondido a la llamada, y la cabina va a llegar al piso ordenado, por lo general suena un timbre u otro sonido como un gong. Si hay una cabina en la planta baja, y otra en la planta 9, y se hace una llamada desde el piso 8, con la maniobra dúplex, acudirá la de la planta 9, porque en esta maniobra acude la cabina que está más cerca.

Y aún se obtiene más rendimiento de la maniobra dúplex con elevadores de maniobra colectiva, por que en éstos acude no la cabina más cerca, sino la que está en posición más favorable. Por ejemplo, si una cabina está en la planta 6, y tiene órdenes de subida, y otra en la planta 8, y con itinerario descendente, la llamada para bajar de un pasajero de la planta 5, la atenderá al pasar en su descenso la cabina de la planta 8, aunque esté más lejos de la planta 5.

7.1.5. MANIOBRA DÚPLEX COLECTIVA EN SUBIDA Y BAJADA.

Funcionamiento de maniobra

Subida

A medida que entran los pasajeros en la cabina, van pulsando los pulsadores correspondientes a los pisos de su destino. Una vez cerradas las puertas, se pone la cabina automáticamente en marcha, y va parando en todos los pisos registrados por los pasajeros de la cabina, y además en los pisos en que los pasajeros de los pisos hayan pulsado el pulsador de llamada para subida.

No se detendrá en los pisos en que los pasajeros de los pisos hayan pulsado el pulsador de llamada para bajada, aunque los registre en su memoria para completar estas llamadas en su descenso. Atenderá sin embargo la llamada para bajar del piso más elevado por encima del último a que haya sido llamado para subir.

Bajada

Una vez cumplidas todas las órdenes de subida, la cabina sube al piso más alto de los registrados por los pasajeros de los pisos para bajar, y después de embarcados los pasajeros y registradas las ordenes al entrar, inicia su ciclo de descenso, parando en todos los pisos que haya sido solicitado para bajar, no respondiendo a las llamadas para subir, excepto la del piso más bajo de los que hayan llamado, siempre que esté por debajo del último registrado para bajar. En todo caso la distribución de las llamadas y subidas entre los dos elevadores se realiza de acuerdo con una norma programada, según el destino del edificio.

7.2. CIRCUITOS DE MANIOBRA FUNDAMENTALES.

Los circuitos de maniobra de los elevadores, son los que permiten que el pasajero, una vez embarcado en la cabina de un elevador, con sólo pulsar un instante el pulsador del piso al que desea subir, consigue que se cierren las puertas automáticamente, se ponga en marcha suavemente la cabina, se detenga al nivel exacto del piso de su destino y se abran las puertas, el tiempo prudencial para que pueda salir cómodamente y sin peligro de que, mientras sale, se ponga la cabina en marcha por cualquier otra llamada de otro pasajero.

Los circuitos de maniobra son los siguientes:

1. Maniobra por conmutadores.
2. Maniobra por interruptores.
3. Maniobra por selectores.
4. Maniobra por relés.
5. Maniobra por transistores.
6. Maniobra por microcontroladores.

Las maniobras por conmutadores y por interruptores prácticamente no se emplean.

7.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS ELEVADORES.

Las instalaciones eléctricas de los elevadores, se componen de dos circuitos principales, uno para alumbrado y alarma, y otro para fuerza, que arrancan de los dos interruptores generales del cuarto de máquinas, y un circuito de puesta a tierra.

1.- Circuito monofásico (fase y neutro) de alumbrado (ver fig. 7.5) y alarma a 127 voltios, alimenta a su vez los siguientes circuitos.

- a) El de alumbrado de la cabina y ventilación si lo lleva.
- b) El de alarma.
- c) El de la toma de corriente en el techo de la cabina.
- d) El de la toma de corriente en el cuarto de máquinas.

2.- Circuito trifásico de fuerza. A 220 voltios entre fases. Es el que suministra energía eléctrica a las siguientes máquinas:

- a) Grupo tractor.
- b) Operador de puertas si son automáticas.
- c) Transformador reductor de tensión, del que parten:
 - Los circuitos de señalización.
 - El circuito de maniobra.

3.- Circuito de puesta a tierra. Aunque las botoneras que deben pulsar los pasajeros de los elevadores, funcionan en general a tensiones consideradas como pequeñas, inferiores a 50 voltios y su alimentación procede de un transformador, por tanto con pocas posibilidades de contactos accidentales con las líneas de más tensión del suministro eléctrico de la instalación. Pero deben estar todas las partes metálicas de los elevadores conectadas a la red de tierra del edificio en que estén instalados.

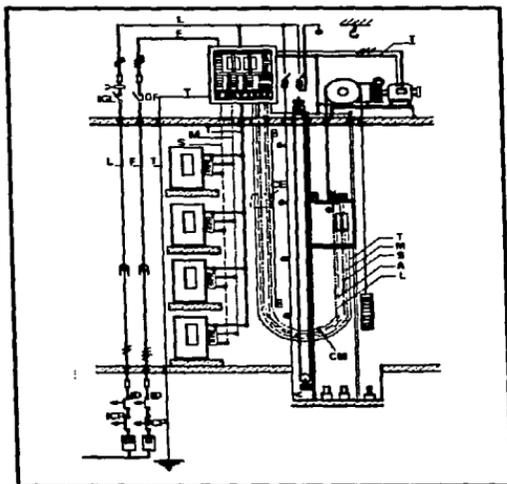


Fig. 7.4. Circuitos eléctricos de un elevador:

- CM.- Cable de maniobra.
- L.- Circuito de alumbrado.
- F.- Circuito de fuerza.
- T.- Circuito de tierra.
- M.- Circuito de maniobra.
- S.- Circuito de señalización.
- A.- Circuito de alarma.
- ICP.- Interruptor de control de potencia.
- ID.- Interruptor diferencial.
- IGL.- Interruptor general de alumbrado.
- IGF.- Interruptor general de fuerza.

En la figura 7.4. se representan los circuitos eléctricos convencionales de un elevador.

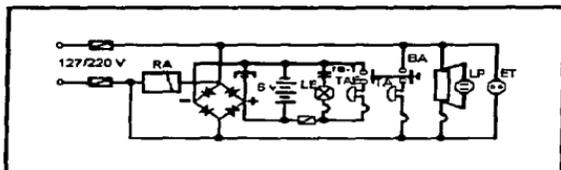


Fig. 7.5. Circuito de alumbrado con luz de emergencia, con batería de carga continua. Al fallar el suministro de la red, cae el relé (RA) y se cierra su contacto (ra-1), que cierra el circuito de la lámpara de emergencia (LE) y pone en servicio el timbre de alarma con batería (TAE).

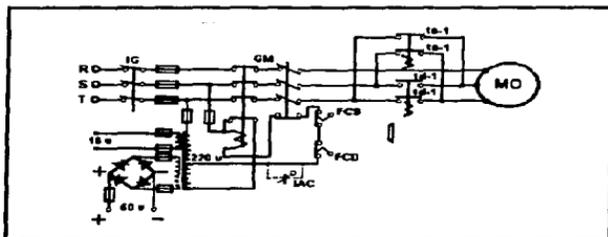


Fig. 7.6. Circuito de fuerza con el interruptor general (IG), el guardamotor (GM), y los contactos de los inversores de subida (ts-1) y bajada (td-1). Los finales de carrera (FCS) y (TCD) van intercalados en el circuito térmico del guardamotor. Figura también el transformador que da una tensión de señalización de 16 volts, y corriente rectificada para la maniobra a 50 volts.

7.3.1. CIRCUITO DE FUERZA.

A partir del interruptor trifásico protegido y con fusibles calibrados (IG), empieza el circuito de fuerza propiamente dicho. Ver la figura 7.6.

Derivado de dos fases del circuito de fuerza, y a veces de las tres, se alimenta el devanado primario del transformador, con dos salidas: una que proporciona corriente alterna de unos 16 volts para los circuitos de señalización, y otra salida de 50 a 125 volts, que a través de un rectificador de 4 diodos de silicio proporciona corriente continua para la alimentación del circuito de maniobra.

7.3.2. CIRCUITOS DE SEÑALIZACIÓN.

Los circuitos de señalización se alimentan del circuito de fuerza a través de un transformador reductor de tensión que reduce la tensión primaria a unos 16 volts.

Los circuitos de señalización suministran energía eléctrica a las lamparitas que señalizan posiciones, de los distintos órganos de la maniobra. Las señalizaciones más utilizadas son las siguientes:

- a) Señalización de cabina ocupada.
- b) Señalización de presencia o estacionamiento de la cabina.
- c) Señalización de dirección en cabina y pisos. Está formada por parejas de pilotos, uno con una flecha hacia arriba y otro con la flecha hacia abajo que se iluminan de acuerdo con el sentido de marcha de la cabina.
- d) Señalización de posición en la cabina y pisos. Está formada por un juego de pilotos con la numeración de los pisos, en la cabina y otro en cada piso, que se iluminan de acuerdo con el piso en que se encuentre la cabina.

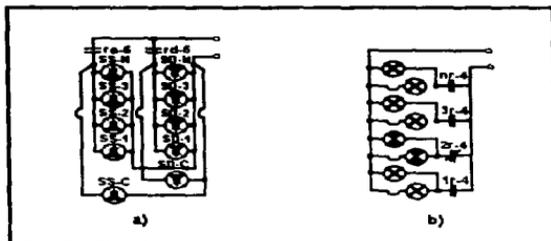


Fig. 7.7. a) Circuito de señalización de dirección de marcha de la cabina. b) Circuito de señalización de los indicadores de piso en cabina y exteriores.

En la figura 7.7. se presentan dos circuitos de señalización.

7.3.3. CIRCUITOS DE MANIOBRA DE ACUERDO AL FUNCIONAMIENTO.

El circuito de maniobra se alimenta del circuito de fuerza a través de un transformador reductor de tensión, que reduce la tensión de la red de 220/127 volts a tensiones en general inferiores a 50 volts.

Las cinco maniobras más utilizadas son:

1. Elevadores de una velocidad.
2. Elevadores de dos velocidades.
3. Elevadores de dos velocidades con puertas automáticas.

4. Elevadores con maniobra colectiva en bajada.
5. Elevadores con maniobra dúplex.

7.3.4. CIRCUITO DE MANIOBRA COLECTIVA EN BAJADA.

Las maniobras más utilizadas para el servicio de un elevador es la colectiva en subida y bajada, y en bajada.

A continuación se presenta el esquema correspondiente a 4 pisos de la maniobra colectiva en bajada con la cabina estacionada en el segundo piso, y con todos los relés en reposo.

El circuito está basado en el del elevador de dos velocidades y puertas de piso semiautomáticas.

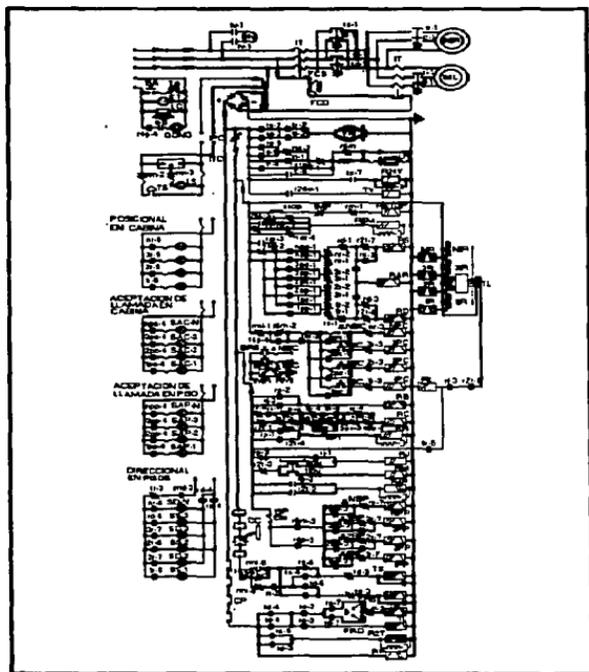


Fig. 7.8. Esquema de un circuito de maniobra colectiva en bajada.

A continuación, se presenta una tabla de las notaciones y signos convencionales usados en los esquemas de los circuitos de maniobra.

Tabla 7.1

IG	Interruptor general
ML	Conexión de marcha lenta del motor de 2 velocidades
MR	Conexión de marcha rápida del motor de 2 velocidades
FR	Freno
FCS	Final de carrera en subida
FCD	Final de carrera en descenso
TA	Tímbr de alarma
LC	Luz de cabina
IT	Interruptor térmico
CPP	Contacto de puerta piso
CPC	Contacto de puerta de cabina
CC	Contacto de cerrojo
MV	Motor del ventilador
LR	Leva retráctil
FRS	Final de carrera de la velocidad rápida en subida
FRD	Final de carrera de la velocidad rápida en descenso

Pulsadores

1BP a NBP	Botoneras de pisos
1BC a NBC	Botoneras de cabina
STOP	Pulsador de parada de emergencia
BA	Pulsador del tímbr de alarma

Relés

RS	Relé direccional de subida
RD	Relé direccional de descenso

1R a NR	Relés de cambio de velocidad
RP	Relé de puertas
R6M	Relé temporizado con 6 seg., de protección de la maniobra
R4P	Relé temporizado con 4 seg., de prioridad sobre las botoneras de pisos
R2T	Relé temporizado con 2 seg., de bloqueo de todas las botoneras después de cada parada
1PP a NPP	Relés de pisos de botoneras de pisos
1PC a NPC	Relés de pisos de botonera de cabina
RC	Relé de cambio del registro de llamadas
R1S	Relé de bloqueo de la Leva Retráctil (LR)
RB	Relé de ocupación que bloquea las llamadas de pisos intermedios si la cabina va completa
RJ	Relé de carga justa
RM	Relé de sobrecarga
RSTOP	Relé de parada de emergencia
R24V	Relé temporizado con 24 seg., del ventilador
RL	Relé de parada
RAR	Relé auxiliar de relés direccionales.

Inversores y contactores

TS	Inversor de subida
TD	Inversor de descenso
TR	Contactador de la conexión de marcha rápida
TL	Contactador de la conexión de marcha lenta
TV	Contactador del motor del ventilador

Interruptores de maniobra

1IR a NIR	Interruptores magnéticos de cambio de velocidad
IPC	Interruptor del dispositivo de seguridad eléctrico del paracaídas
ILV	Interruptor del dispositivo de seguridad eléctrico del limitador de velocidad
IAC	Interruptor del dispositivo de seguridad eléctrico contra el aflojamiento de cables
ISP	Interruptor de servicio preferente que bloquea al abrirlo con una llave especial, las llamadas exteriores y sólo atiende las de la cabina

IL Interruptor de pantalla magnética de parada

Señalización

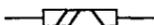
SP-1 a SP-N	Señales de presencia
SS-1 a SS-N	Señales direccionales de subida
SD-1 a SD-N	Señales direccionales de bajada
SAP-1 a SAP-N	Señales de aceptación de llamadas de pisos
SAC-1 a SAC-N	Señales de aceptación de llamadas de cabina
TS	Timbre de sobrecarga
LS	Luz de sobrecarga
GONG	Gong de aviso de llegada al piso

Maniobra para inspección

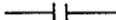
ITC	Interruptor en el techo de la cabina
IMI	Interruptor del circuito de maniobra para inspección
RMI	Relé de maniobra para inspección
BRS	Pulsador de subida de la maniobra para inspección
BRD	Pulsador de descenso de la maniobra para inspección
ET	Toma de corriente en el techo de la cabina

SIGNOS CONVENCIONALES

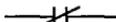
A continuación se darán algunos ejemplos de la representación de los relés, contactores, inversores y sus contactos, por ser fundamentales en la comprensión del esquema del circuito de maniobra colectiva en bajada:



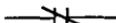
Relé con dos contactos de cierre (rayas inclinadas a la derecha) y un contacto de apertura (raya inclinada a la izquierda).



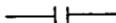
Contacto de cierre del relé anterior, cuando éste no tiene tensión. (El contacto está abierto).



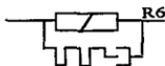
Contacto de cierre del relé anterior, cuando éste tiene tensión. (El contacto está cerrado).



Contacto de apertura del relé anterior, cuando éste no tiene tensión. (El contacto está abierto).



Contacto de apertura del relé anterior, cuando éste tiene tensión. (El contacto está abierto).



Relé temporizado con 6 seg. Su único contacto de cierre, tardará en abrirse 6 seg cuando el relé se quede sin tensión, porque seguirá alimentado ese tiempo por la carga del condensador.



Inversor con 4 contactos de cierre. Los inversores y contactores llevan la misma notación que los relés. Su notación empieza con T, y el rectángulo es de trazos gruesos.

CAPÍTULO

8

**ELEVADOR
CONTROLADO
POR PLC**

CAPÍTULO 8

ELEVADOR CONTROLADO POR PLC

8.1. JUSTIFICACIÓN.

Hoy en día la automatización en la industria es la base para una producción favorable, ya que con esto se buscan disminuir costos, aumentar calidad, suprimir trabajos peligrosos o complicados, etc. El Controlador Lógico Programable (PLC) es un poderoso dispositivo que facilita la automatización, el cual la hace más flexible y permite mayores ventajas sobre la automatización convencional. Ya que si se requieren hacer cambios en los procesos de manufactura, no se tienen que crear nuevas rutas de alambrado, ni tampoco agregar o quitar relevadores, simplemente se reprograma el PLC de acuerdo a las necesidades del proceso.

Con el fin de encontrar una aplicación que sea práctica y benéfica para el hombre, y aprovechando las características que nos ofrece el Automata Programable en combinación con otros elementos para que este trabaje en condiciones adecuadas; se optó por automatizar un elevador a escala. El PLC a utilizar permite controlar no solo el movimiento de la cabina del elevador para que suba y baje, sino también puede ir almacenando o acumulando en forma de memoria las llamadas de piso y mandos de cabina, para después atenderlas ordenadamente, así como sus respectivos señalamientos de posición y dirección de cabina.

También mediante la programación se pueden controlar las puertas automáticas y a la vez darles tiempos de apertura, por medio de los temporizadores internos del PLC. Pero eso no es lo único que se puede controlar por medio de este dispositivo, ya que como se vió en capítulos anteriores, el elevador posee varios circuitos, como por ejemplo: circuito de alumbrado y ventilación, circuito de alarma, circuito del operador de puertas automáticas, circuito de señalización, etc., los cuales también pueden ser manipulados por medio del Automata Programable.

8.2. ANTEPROYECTO.

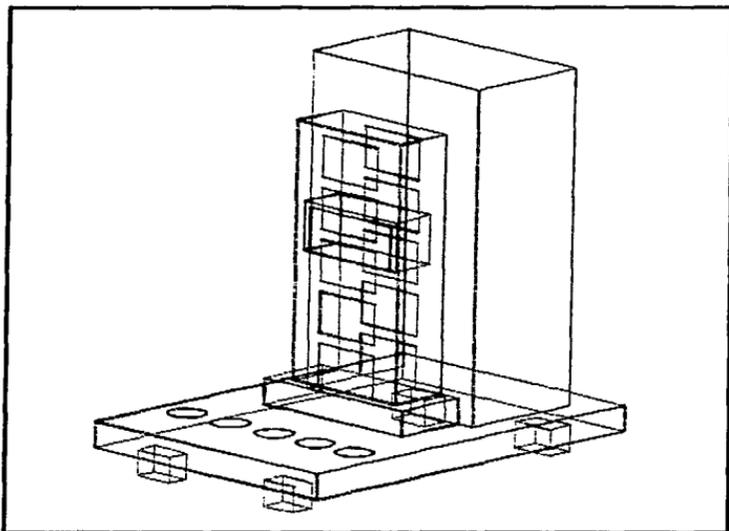


Fig. 8.1. Anteproyecto de la estructura del prototipo.

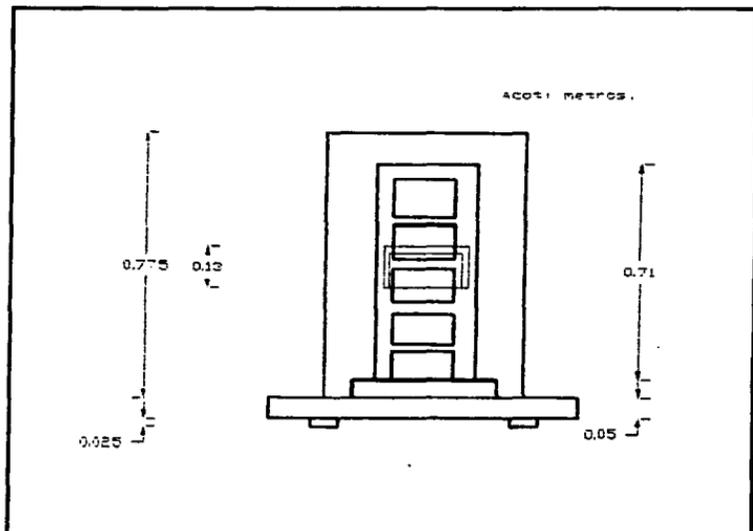


Fig. 8.2. Vista frontal de la estructura del elevador y sus respectivas dimensiones.

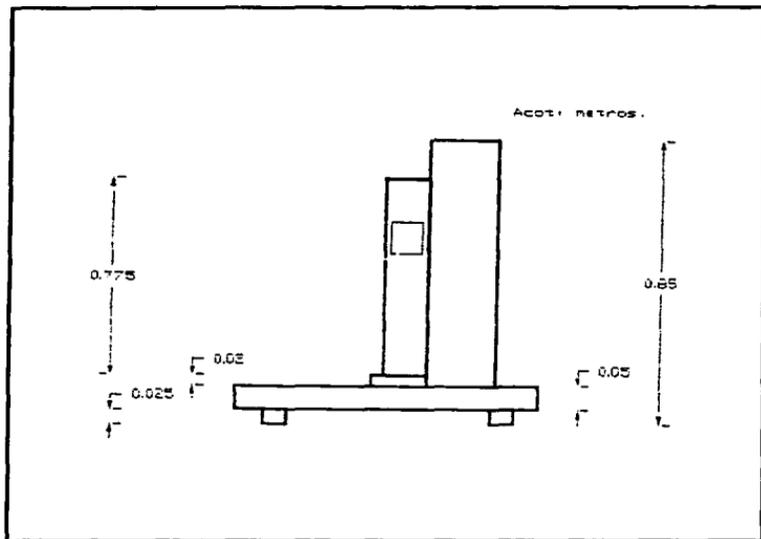


Fig. 8.3. Vista lateral izquierda de la estructura de la estructura del elevador.

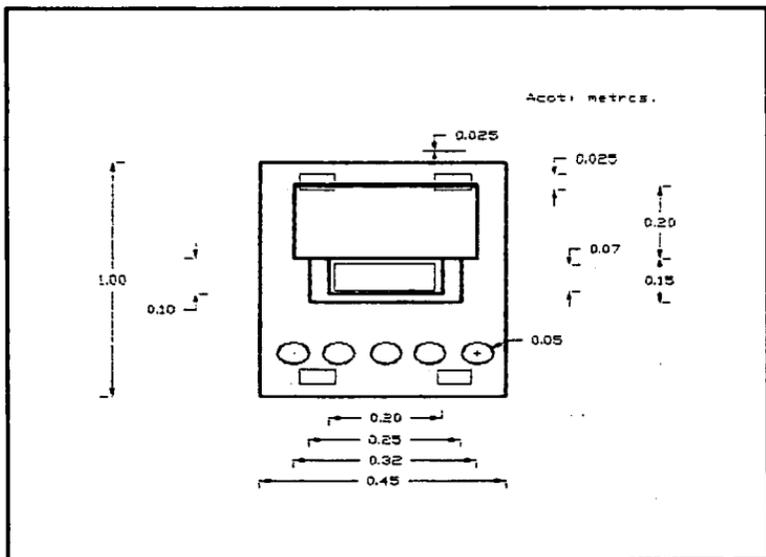


Fig. 8.4. Vista aérea de la estructura del elevador.

8.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

A continuación se presenta una lista del material utilizado para la elaboración de cada uno de los componentes que constituyen en su conjunto la estructura del elevador; asimismo se hace mención de otros elementos que son indispensables para el óptimo funcionamiento del prototipo. Enseguida se presentan las fotografías que corresponden a cada elemento de la estructura, así como del propio PLC.

8.3.1. LISTA DE MATERIAL.

Base (sobre la que descansa la estructura del elevador)

- Lámina de Al cal. 20 de 43.5 x 59 cm.
- 2 ángulos 5.08 x 2.54 cm., largo 43.5 cm. y espesor 0.318 cm.
- 2 ángulos 5.08 x 2.54 cm., largo 59 cm. y espesor 0.318 cm.
- 4 barras de perfil cuadrado 2.5 x 2.5 cm. y largo 7 cm.
- Tabla de madera con las mismas dimensiones de la lámina de Al y espesor 3 cm.

Estructura del cuarto de máquinas y cableado

- 4 ángulos 1.9 x 1.9 cm., espesor 0.16 cm. y largo 77 cm.
- 2 ángulos 1.9 x 1.9 cm., espesor 0.16 cm. y largo 12 cm.
- 2 ángulos 1.9 x 1.9 cm., espesor 0.16 cm. y largo 6.5 cm.
- 3 ángulos 1.9 x 1.9 cm., espesor 0.16 cm. y largo 30.5 cm.
- 2 láminas de Al cal. 20 de 77 x 30 cm.
- 2 láminas de Al cal. 20 de 77 x 15.5 cm.

Recinto o hueco

- 2 placas de Al 9.25 x 17 cm., espesor 1.27 cm.
- 2 ángulos de Al 1.27 x 1.27 cm., largo 71 cm.
- 2 placas de acrílico 8 x 71 cm.
- 1 placa de acrílico 14 x 71 cm.
- 5 huecos de 9 x 12 cm sobre la placa de acrílico 14 x 71 cm.
- 4 tiras de acrílico de 1 x 71 cm.
- 2.5 m. de hilo cáñamo.

Cabina

- Placa de acrílico 12.5 x 13 cm.
- Placa de acrílico 13 x 7.5 cm.
- Placa de acrílico 12.5 x 7.5 cm.

Dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el funcionamiento de la maniobra

- 5 pulsadores.
- 32 conectores para entradas y salidas al PLC.
- 8 finales de carrera o microswitch (de los cuales, 4 son para ascenso y 4 para descenso).
- 10 led's indicadores (5 para la posición de cabina y 5 para la posición de piso).
- 1 motor síncrono 2 CSM-101 (con inversión del sentido de giro).
- 1 impedancia de 75 Ω , como protección contra sobrecorriente para el motor síncrono.
- 2 relevadores 1NC/1NA de 24 Vcd, para invertir el sentido de giro del motor síncrono.
- Cables de conexión.
- 5 poleas.
- Fuente de voltaje "FESTO" de 24 Vcd, para alimentación del PLC.
- Controlador Lógico Programable "FESTO" FPC 202.

8.3.2. COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DEL ELEVADOR Y PLC FPC 202.

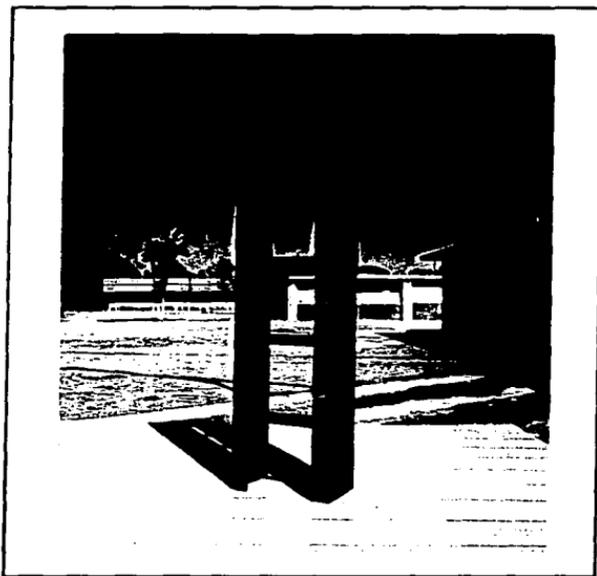


Fig. 8.5. Recinto o hueco de acrílico, con guías del mismo material, que sirven para que la cabina pueda desplazarse adecuadamente.

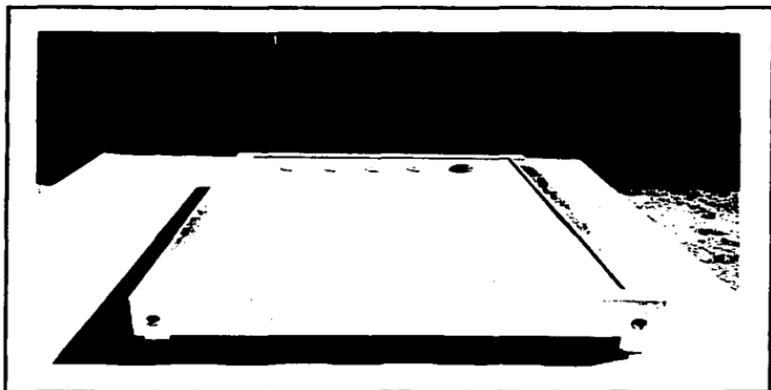
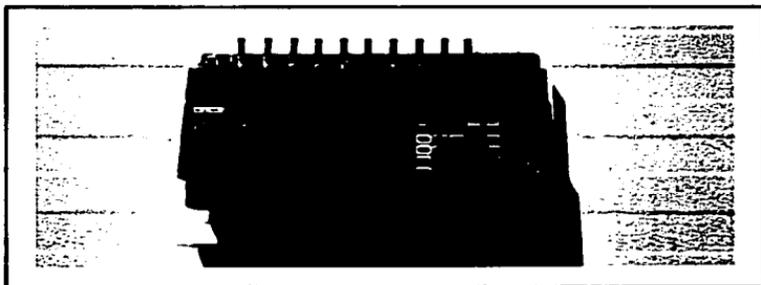
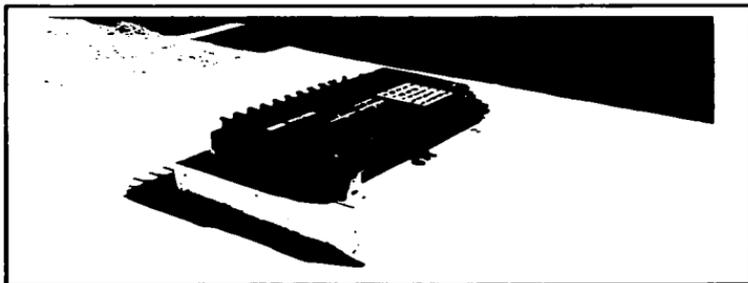


Fig. 8.6. Base de aluminio (con madera en la parte interior para hacer el soporte más rígido), que incluye 5 pulsadores para mando y llamada de cabina.



a)



b)

Fig. 8.7. a) y b) Controlador Lógico Programable "FESTO" modelo FPC 202.

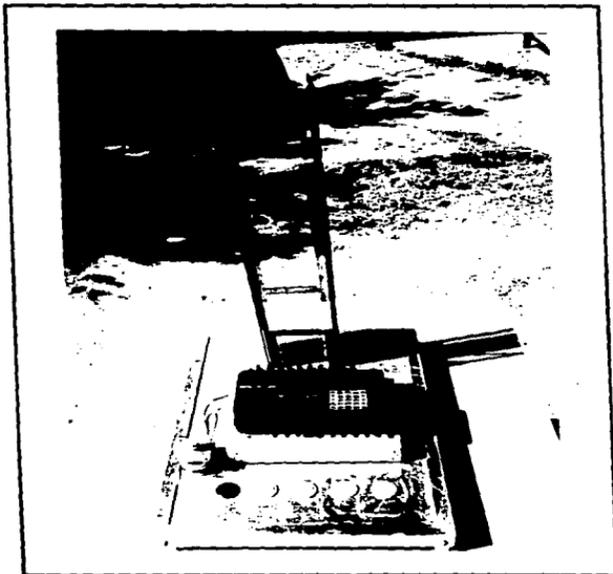


Fig. 8.6. Recinto o hueco, base con pulsadores, Controlador Lógico Programable FPC 202 y motor síncrono para tracción.

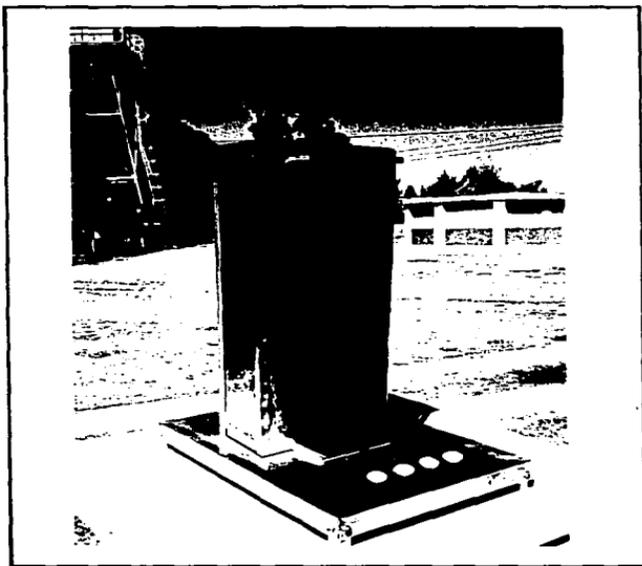
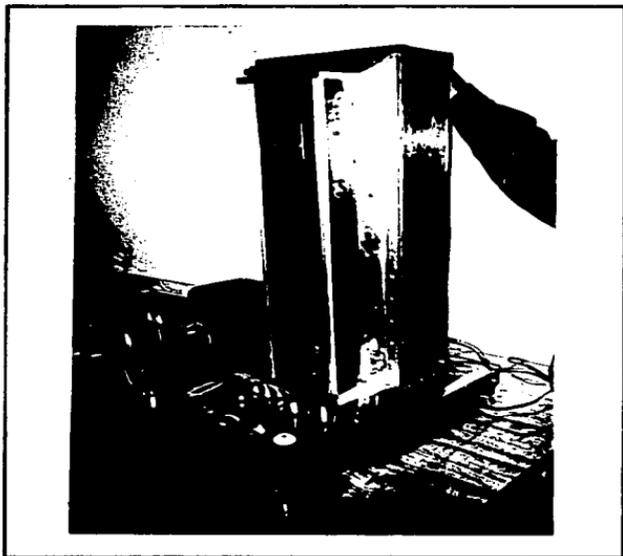


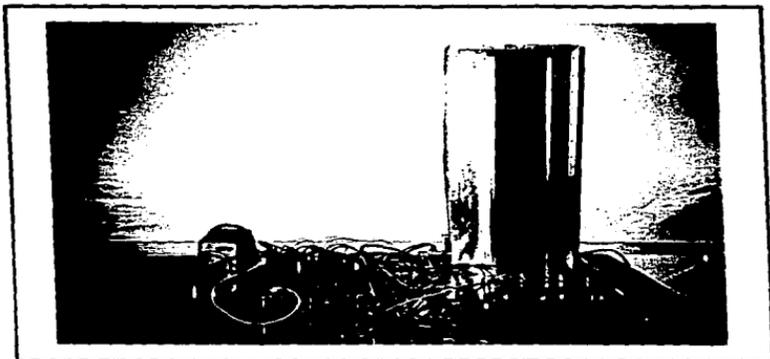
Fig. 8.9. Estructura del elevador, que incluye: recinto, cabina, base, pulsadores y parte posterior donde se aloja el sistema de tracción y cableado



Fig. 8.10. Una vez más la estructura general del elevador con algunos elementos adicionales como: finales de carrera, focos piloto para señalización de posición y dirección de cabina, conectores para la conexión de E/S al PLC.



a)



b)

Fig. 8.11. a) y b) Controlador Lógico Programable FPC 202, fuente de poder y elevador terminado con sus respectivas conexiones, listo para (operar) funcionar.

8.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

CONTROL PROGRAMABLE FPC 202.

Las siglas FPC son la abreviación de "Control Programable Festo". Este es el nombre dado a un tipo de controles que pueden ofrecer importantes ventajas técnicas y económicas, sobre los comandos convencionales a relés, denominados generalmente mandos cableados.

En su estado operativo, las entradas reciben continuamente información sobre el proceso a controlar y relacionan esta información, junto con las instrucciones del programa, de tal forma que las salidas adopten la situación requerida (abierto/cerrado). Para ello la información necesaria debe ser suministrada por los sensores de la instalación a controlar, por ejemplo finales de carrera, barreras fotoeléctricas o detectores; las salidas transfieren su estado a los actuadores tales como válvulas, embragues, motores, los cuales afectarán al ciclo de la máquina tal como lo establezca el programa.

Para poder realizar las instrucciones del programa el FPC tiene las siguientes funciones electrónicas a su disposición:

- Microprocesador para operaciones lógicas.
- Memoria del programa del sistema, que controla la organización interna.
- Memoria para el programa del usuario.

El tipo de memoria utilizable es RAM (Random Access Memory) y EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory = memoria programable eléctricamente que puede borrarse por la acción de los rayos ultravioletas). La memoria EPROM tiene la ventaja sobre la RAM, de que el programa se conserva permanentemente.

Actualmente los sistemas programados, no cableados, están a la orden del día, incluso para el control de pequeños automatismos. La gran capacidad de memoria y la elevada velocidad de proceso de los circuitos integrados, abren una amplia gama de aplicaciones.

Algunos ejemplos de estas aplicaciones son: control de recorrido, máquinas de montaje, máquinas-herramientas, distribución de la energía, control de niveles de llenado, baños galvánicos, fundiciones industriales, líneas de pintura, carga y distribución, prensas de imprimir, paletizadores, estaciones de bombeo, máquinas transfer, equipos de transporte, control de temperatura, máquinas de embalaje, instalaciones de tratamiento de agua, procesos de lavado, etc.

8.4.1. EL SISTEMA Y SUS COMPONENTES.

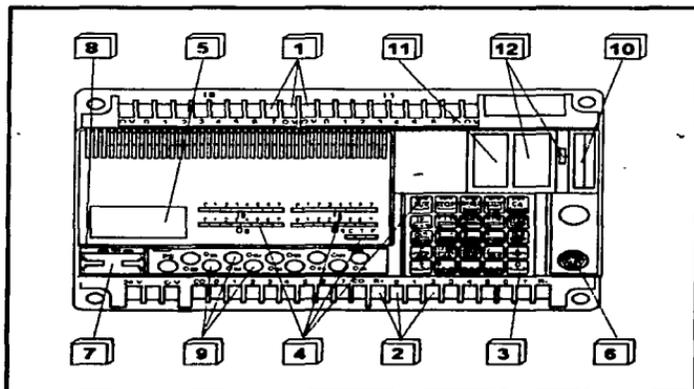


Fig. 8.12. Partes que componen el Controlador Lógico Programable FPC 202 de "FESTO".

1

16 entradas aisladas eléctricamente por optoacopladores.

2

16 salidas, divididas en 8 salidas por relé y 8 salidas transistorizadas.

3

El teclado está integrado en la unidad. La mayoría de las teclas poseen más de una función. Las funciones básicas están escritas encima de las letras, las secundarias están debajo de las teclas y deben activarse pulsando previamente la tecla SHIFT. La selección del modo de operación se realiza con la hilera superior de teclas.

4

Los LED's indican el estado actual de la función:

Hilera superior	16 LED's verdes para las entradas I0.0 - I0.7 y I1.0 - Y1.7
Hilera central	16 LED's amarillos para las salidas O0.0 - O0.7 y O1.0 - O1.7
Hilera inferior	un LED rojo para cada uno de los elementos: contador (C), temporizador (T), y flag (F).

Los LED's de las salidas O1.1 - O1.7 se utilizan también para visualizar funciones especiales que hayan sido activadas (contadores, temporizadores, etc.).

Directamente encima del teclado se hayan 5 LED's; éstos indican el estado actual del sistema y el modo de operación del control.

5

El display de 4 dígitos sirve para visualizar la actividad actual del control, sea durante la edición (en el caso de una introducción manual del programa) o durante el funcionamiento de un programa existente.

6

El interface serial es una versión modificada del interface current loop 20 mA. sirve para comunicar con equipos compatibles por ejemplo impresoras, ordenadores personales o la consola PRG 32 de Festo.

7

El compartimento de la batería debe equiparse con una batería de litio la cual se utiliza para la protección de la memoria RAM en caso de fallo de tensión. Si la tensión de la batería desciende por debajo de un valor mínimo definido, se visualiza el mensaje "Er 50" lo que significa que la batería está llegando a su fin. "Er 51" significa batería no instalada. Los datos permanecen inalterables por un mínimo de 6 meses. La batería puede intercambiarse en cualquier momento con la tensión de red conectada.

8

La doble conexión de la batería hace posible el cambio de batería sin pérdida de datos, incluso sin la tensión de red aplicada. Durante el cambio de la batería debe mantenerse una tensión entre 2.5 y 3.7 volts.

9

Se han previsto fusibles para la tensión de alimentación, los relés de salida y las salidas transistorizadas. Las abreviaciones que aparecen junto a los cartuchos en la caja, significan:

PS	(tensión de alimentación) fusible para la entrada de tensión.
O0.0 - O0.7	fusible para las salidas a relé.
O1X	fusible para las salidas transistorizadas.

Las salidas transistorizadas disponen asimismo de un fusible electrónico rápido.

10

Conector para cable plano dispuesto para la conexión de un módulo de extensión.

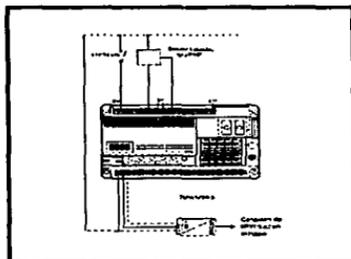
11

La memoria del sistema Festo, es un circuito de alta integración que contiene el programa encargado de las funciones básicas del FPC202. Esta incluye, por ejemplo, las funciones de introducción del teclado. El programa del sistema **no puede ser modificado** por el usuario.

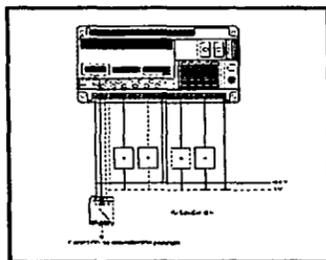
12

Opcionalmente está a la disposición un sistema operativo para programar y documentar productivamente a través de un Ordenador Personal con FST en los lenguajes KOP y AWL...

8.4.2. DIAGRAMAS DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA FPC 202.



a)



b)

**Fig. 8.13. a) Alimentación a las entradas mediante sensores, interruptores, etc.
b) Alimentación a las salidas mediante actuadores.**

8.4.3. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA.

Los programas pueden introducirse en dos diferentes lenguajes, utilizando las facilidades de programación integradas de acuerdo con los requerimientos del problema de control.

PASO A PASO (PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE FESTO: CUANDO/ENTONCES)

La programación PASO A PASO de Festo está basada en la estructura de la frase *IF/Then* (Cuando/Entonces) y se usa principalmente en programación de sistemas secuenciales.

MNEMÓNICOS (PROGRAMACIÓN EN LISTA DE INSTRUCCIONES)

Este método de escribir programas utiliza abreviaciones técnicas, conocidas como instrucciones. Las prestaciones más importantes son:

1. Método de programación orientado a líneas.
2. No hay bloqueo del programa cuando la condición no se cumple, incluso con instrucciones AND.
3. Posibilidades de representación gráfica de los programas.

El programa se realiza a base de líneas sucesivas, conteniendo una instrucción cada línea. Este lenguaje es particularmente adecuado para tareas de monitorización. El control es muy flexible permitiendo la inclusión de contadores (C), temporizadores (T) y flags (F) en el ciclo de programa. Estas funciones hacen posible la inclusión en el programa de diferentes criterios para procesos de temporización y conteo en forma de condiciones.

Los **contadores** permiten el control y conteo de impulsos, de forma que la instalación se desconecte o inicie determinadas acciones después del número de impulsos especificado (por ejemplo, después de que un determinado número de piezas hayan pasado por una máquina de montaje).

Los **temporizadores** hacen posible incluir funciones dependientes del tiempo en procesos de control. Con el ritmo de 10 ms del control es posible contar hasta 0 desde un tiempo predeterminado (entre 0.1 y 327.6 seg.).

Los **flags** son posiciones reservadas de memoria que pueden asumir estados 0 ó 1. Se utilizan para:

1. Memorizar entradas o estados en un determinado momento.
2. Memorizar resultados parciales.
3. Operaciones en casi-paralelo de dos programas.

Los flags pueden activarse, desactivarse y ser interrogados por su estado.

Tabla 8.1. *Juego de instrucciones.*

Instrucción	Función	Unidad funcional	Parámetros
RLB	 Instrucción de arranque manual del programa		
STOP	 Instrucción de paro		
EXEC	 Ejecución de programas de acuerdo con la instrucción		
EDIT	 Llamado al editor		
SHIFT	 Tecla para funciones secundarias		
CLR	 Tecla de BORRA		
AUTO	 Arranque automático		
SAFE	 Aseguramiento de start (back-up) (inactiva todos los solenoides en marcha)		
INS	 Insertar línea		
DEL	 Borrar línea, PROG, línea, instrucción		
EXT	 Entrar/salir de sistema test		
DISP	 Una vez alcanzado el modo EDIT, las funciones especiales que siguen solo por ser usadas, pueden ser visualizadas con la instrucción DISP		
SHOW	 En el estado de RLB, la instrucción SHOW indica al usuario el estado del contador o cualquier otro parámetro de la forma deseada		

Tabla 8.2. Lista de mnemónicos.

Instrucción	Función	Unidad funcional	Parámetro
LD 	Interrogación de una UF por señal 1 (inicio de paso)	Input OUTPUT	{ 0,... 7 } hasta { 70,...77 }
LD 	Interrogación de una UF por señal 0 (inicio de paso con inversión)	Temporizador contador PROGRAMA FLAG	{ 0,... 7 } hasta { 80,...87 }
NOT 			
SET 	Activación de una UF	FLAG	{ 0,... 7 } hasta { 80,...87 }
RES 	Desactivación de una UF	OUT	{ 0,... 7 } hasta { 70,...77 }
= 	Asignación	T C PROG	{ 0,... 7 } hasta { 70,...77 }
NOT 	Asignación negada		
PRE 	Preselección para temporizadores y contadores	Temporizador contador	{ 0,... 7 }
INIT 	El contador empieza al valor preseleccionado	Contador	{ 0,... 7 }
INC 	Incrementa el contador en 1		
DEC 	Decrementa el contador en 1		
JMP 	Salto a una etiqueta especificada		
AND 	Función lógica AND		
OR 	Función lógica OR		
SHOW 	Cuando el sistema se halla en estado de FERM, el valor de los contadores y temporizadores se muestra en el display		
LAB 	Etiqueta de destino de un salto		

Tabla 8.3. Juego de instrucciones para el modo Paso a Paso.

Instrucción	Función	Unidad funcional (UF)	Parámetro
CA 	Toca de cambio entre acción y parte condicional		
SET 	Activación de una unidad funcional	Output (salida) PROG en temporizador contador FLAG	[0... 7] hasta (70...77) [0... 7] [0... 7] hasta (60...67)
RST 	Desactivación de una unidad funcional RESET		[0...07] hasta (70...77) [0... 7] [0... 7] hasta (80...87)
PRE 	Definición de un valor de presetección para temporizadores y contadores	Temporizador Contador	[0...07]
SET 	El contador empieza en el valor de presetección	Contador	[0... 7]
INC 	Incrementa el contador en 1		[0... 7]
DEC 	Decrementa el contador en 1		[0... 7]
JMP 	Salta al paso especificado		[0...99]
NOT 	- Función lógica NOT - Solo en la parte funcional - Inversión de funciones por suñal 0 - In de una condición con inversión		[0... 7] hasta (70...77) [0... 7] [0... 7] hasta (80...87)
OR 	- Fin de una condición con OR OR paso		

8.4.4. ALIMENTACIÓN AL MOTOR SÍNCRONO 2 CSM-101.

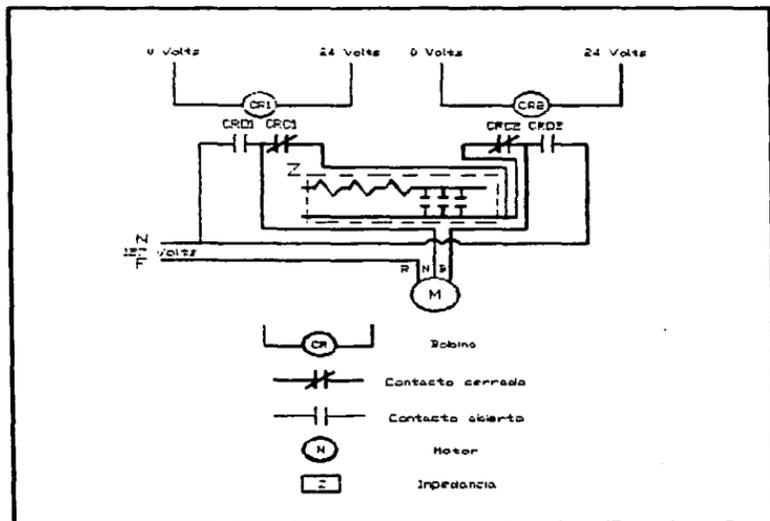


Fig. 8.14. Diagrama de alimentación al motor síncrono 2CSM-101, para cambio automático de sentido de giro, con ayuda de dos relevadores (CR1 y CR2).

8.4.5. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE ENTRADAS Y SALIDAS.

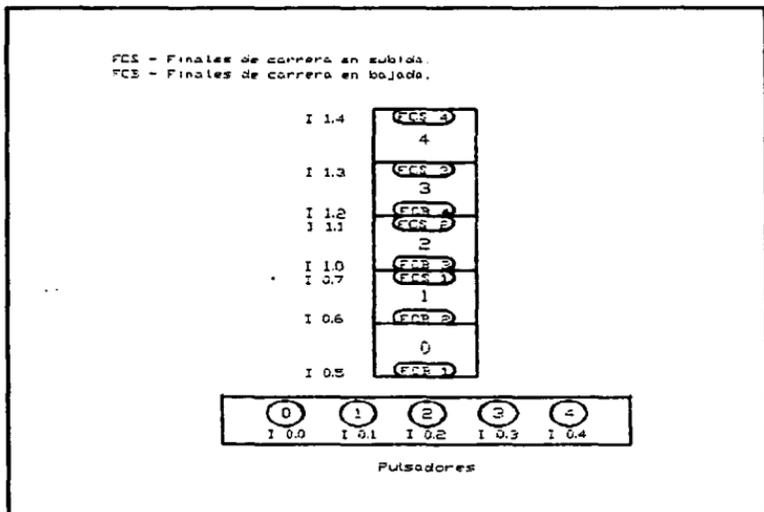


Fig. 8.15. Entradas funcionales de mando y llamada de cabina para el elevador.

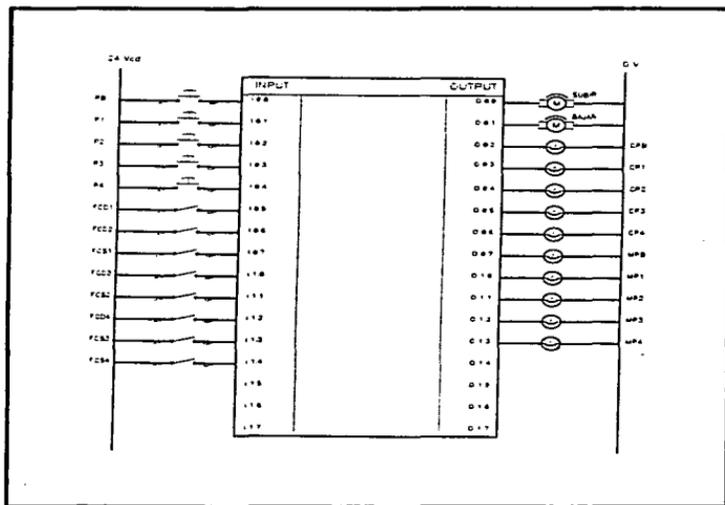
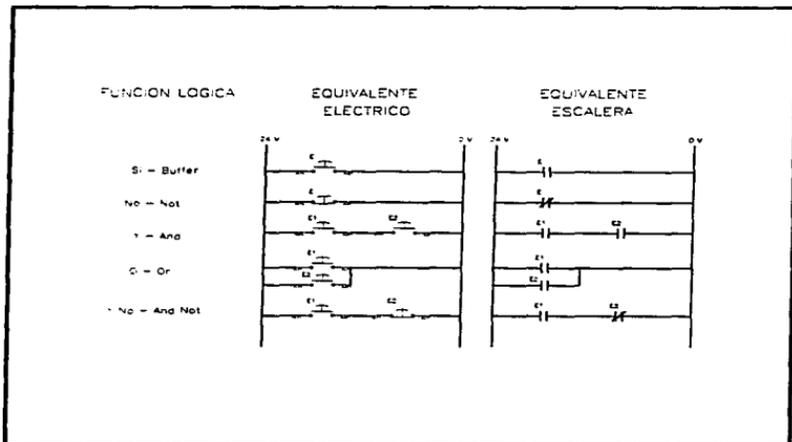


Fig. 8.16. Representación esquemática de las entradas y salidas al PLC.

I = Pulsador
FCD = Final de carrera en descenso
FCS = Final de carrera en subida
M = Motor
CP = Posición de cabina (foco piloto)
MP = Mando de cabina (foco piloto)

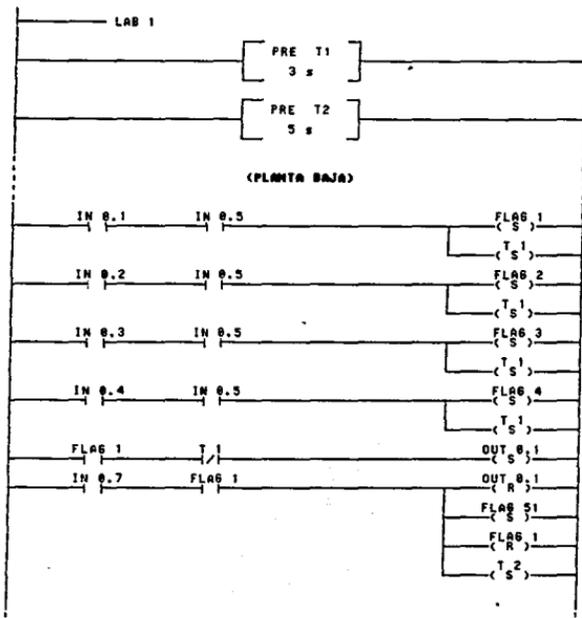
8.4.6. FUNCIONES EQUIVALENTES.

Tabla 8.4. *Tabla de funciones lógicas y sus equivalentes eléctricos por medio de pulsadores (NA y NC) y contactos (diagrama de escalera).*



8.5. PROGRAMA DE CONTROL DEL ELEVADOR.

DIAGRAMA DE ESCALERA



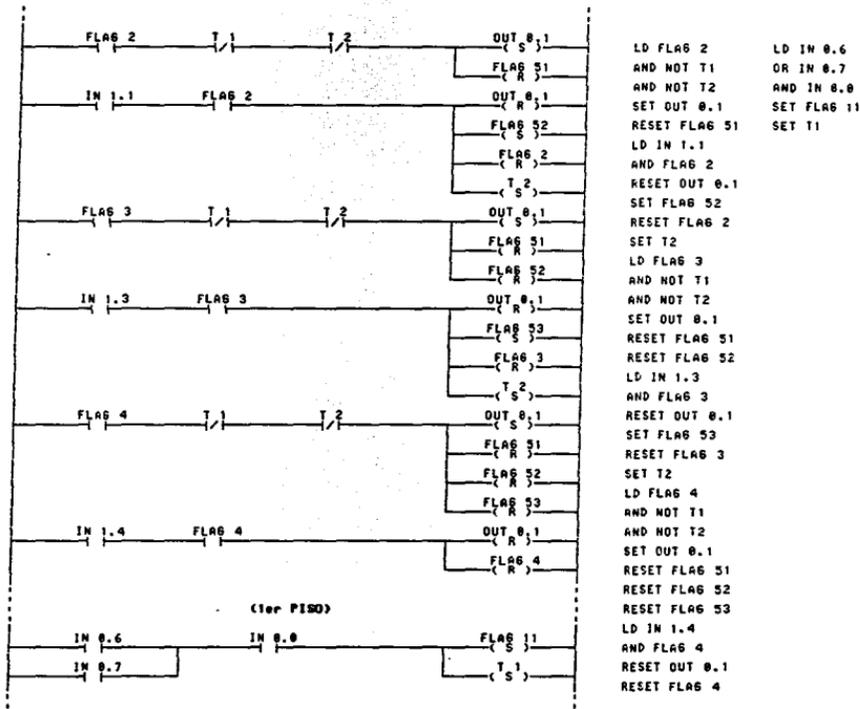
LISTA DE INSTRUCCIONES

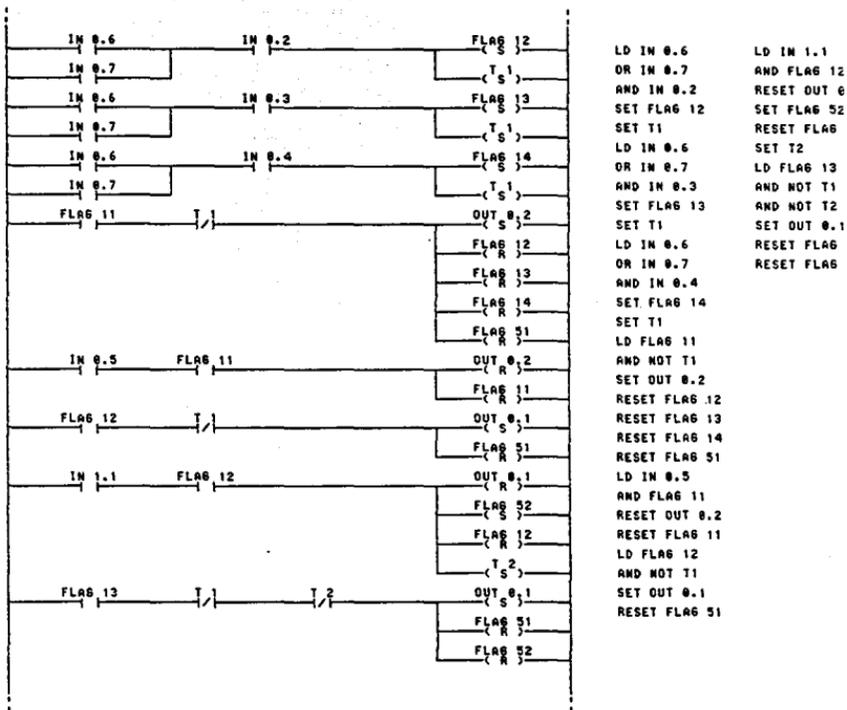
```

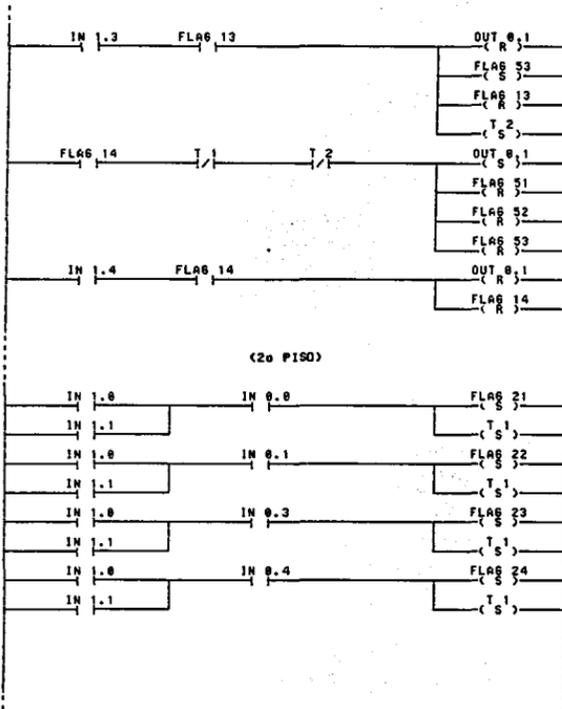
EDIT 1.3
LAB1
PRE T1 3 seg
PRE T2 5 seg

LD IN 0.1
AND IN 0.5
SET FLAG 1
SET T1
LD IN 0.2
AND IN 0.5
SET FLAG 2
SET T1
LD IN 0.3
AND IN 0.5
SET FLAG 3
SET T1
LD IN 0.4
AND IN 0.5
SET FLAG 4
SET T1
LD FLAG 1
AND NOT T1
SET OUT 0.1
LD IN 0.7
AND FLAG 1
RESET OUT 0.1
SET FLAG 51
SET FLAG 51
RESET FLAG 1
SET T2

```



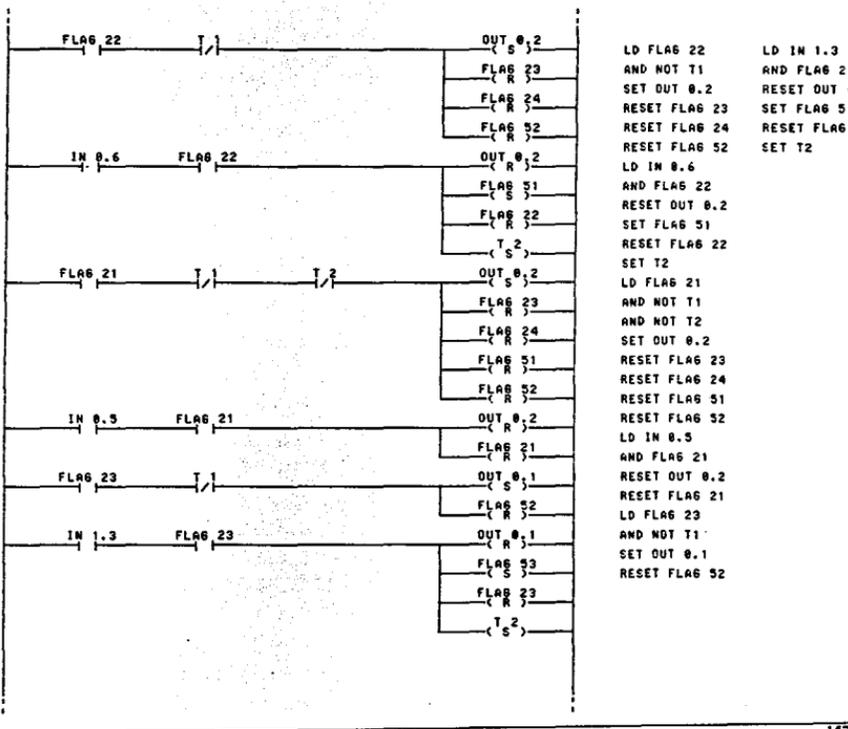


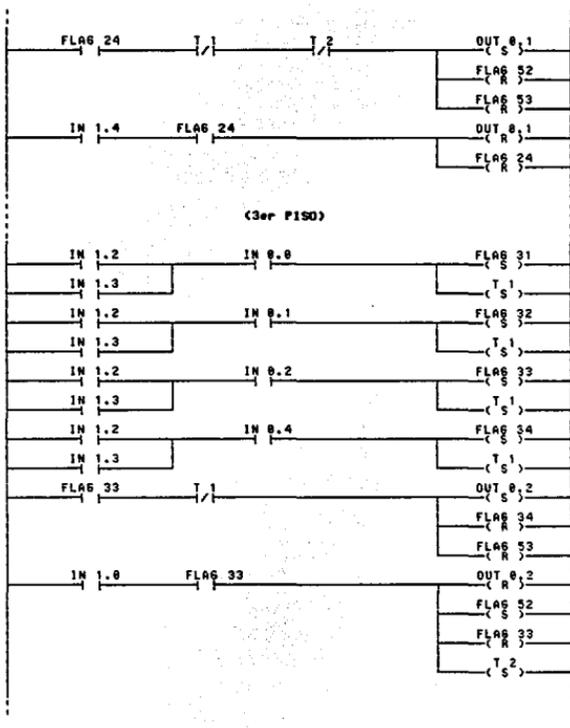


```

LD IN 1.3
AND FLAG 13
SET OUT 0.1
LD IN 1.0
OR IN 1.1
RESET OUT 0.1
AND IN 0.3
SET FLAG 53
SET FLAG 23
RESET FLAG 13
SET T1
SET T2
LD FLAG 14
DR IN 1.1
LD IN 1.0
OR IN 1.1
AND NOT T1
AND IN 0.4
AND NOT T2
SET OUT 0.1
SET FLAG 24
RESET FLAG 51
RESET FLAG 52
RESET FLAG 53
LD IN 1.4
AND FLAG 14
RESET OUT 0.1
RESET FLAG 14

LD IN 1.0
OR IN 1.1
AND IN 0.0
SET FLAG 21
SET T1
LD IN 1.0
OR IN 1.1
AND IN 0.1
SET FLAG 22
SET T1
LD IN 1.0
OR IN 1.1
AND IN 0.3
SET FLAG 23
SET T1
LD IN 1.0
OR IN 1.1
AND IN 0.4
SET FLAG 24
SET T1
    
```





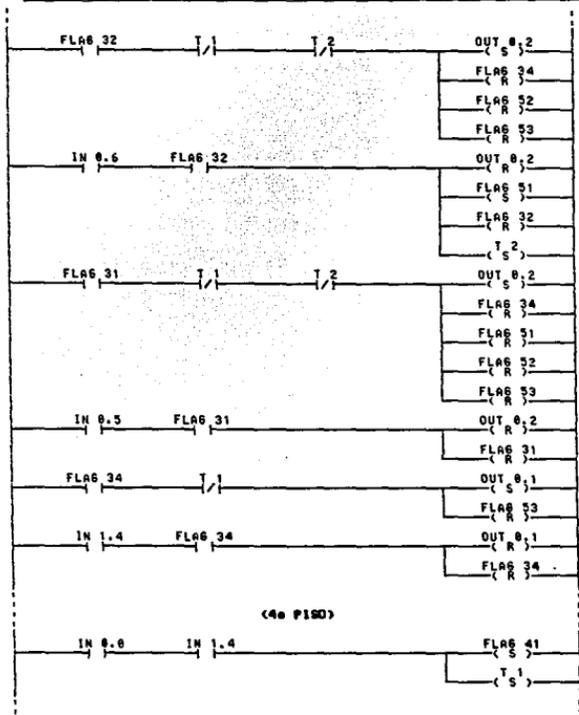
```

LD FLAG 24
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.1
RESET FLAG 52
RESET FLAG 53
LD IN 1.0
AND FLAG 33
RESET OUT 0.2
SET FLAG 52
RESET FLAG 33
SET T2

LD FLAG 33
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 34
LD IN 1.0
AND FLAG 33
RESET OUT 0.2
SET FLAG 52
RESET FLAG 33
SET T2

LD IN 1.2
OR IN 1.3
AND IN 0.0
SET FLAG 31
SET T1
LD IN 1.2
OR IN 1.3
AND IN 0.1
SET FLAG 32
SET T1
LD IN 1.2
OR IN 1.3
AND IN 0.2
SET FLAG 33
SET T1
LD IN 1.2
OR IN 1.3
AND IN 0.4
SET FLAG 34
AND IN 0.2
SET FLAG 33
SET T1
LD IN 1.2
OR IN 1.3
AND IN 0.4
SET FLAG 34
SET T1

```

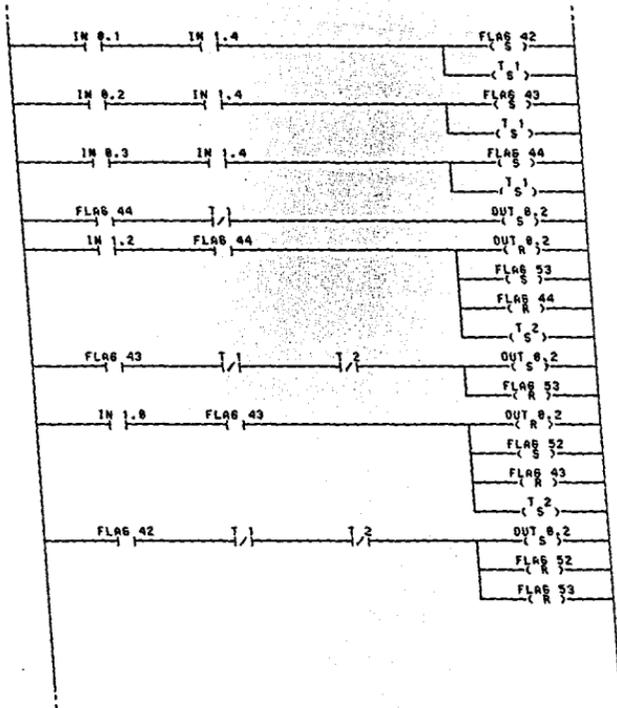


(4º PISO)

```

LD FLAG 32          LD IN 1.4
AND NOT T1         AND FLAG 34
AND NOT T2         RESET OUT 0.2
SET OUT 0.2        RESET FLAG
RESET FLAG 34     LD IN 0.0
RESET FLAG 52     AND IN 1.4
RESET FLAG 53     SET FLAG 41
LD IN 0.6         SET T1
AND FLAG 32
RESET OUT 0.2
SET FLAG 51
RESET FLAG 32
SET T2
LD FLAG 31
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 34
RESET FLAG 51
RESET FLAG 52
RESET FLAG 53
LD IN 0.5
AND FLAG 31
RESET OUT 0.2
RESET FLAG 31
LD IN 0.5
AND FLAG 31
RESET OUT 0.2
RESET FLAG 31
LD FLAG 34
AND NOT T1
SET OUT 0.1
RESET FLAG 53
LD FLAG 34
AND NOT T1
SET OUT 0.1
RESET FLAG 53
  
```

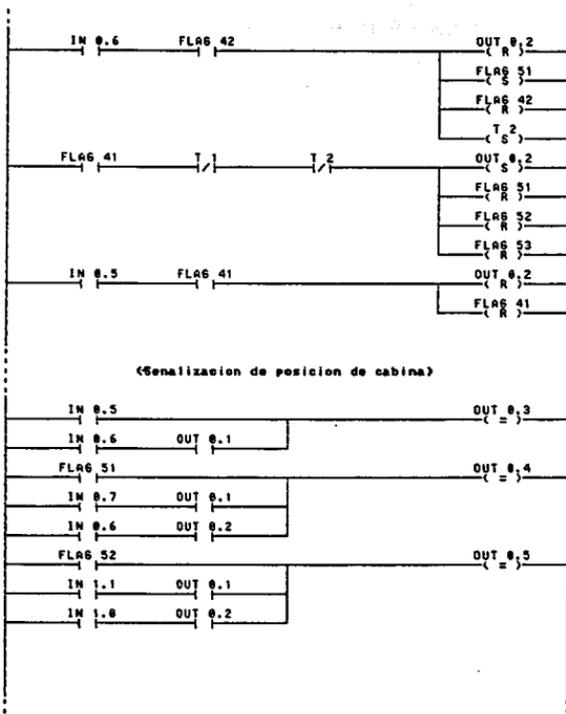
Ceplonic B. ELEVADOR CONTROLADO POR PLC



```

LD IN 0.1
AND IN 1.4
SET FLAG 42
SET T1
LD IN 0.2
AND IN 1.4
SET FLAG 43
SET T2
LD IN 0.3
AND IN 1.4
SET FLAG 44
SET T1
LD IN 0.3
AND IN 1.4
SET OUT 0.2
SET FLAG 44
SET T1
LD FLAG 44
AND NOT T1
SET OUT 0.2
LD IN 1.2
AND FLAG 44
RESET OUT 0.2
SET FLAG 53
RESET FLAG 44
SET T2
LD FLAG 43
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 53
LD FLAG 43
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 52
LD FLAG 42
AND NOT T1
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 52

```

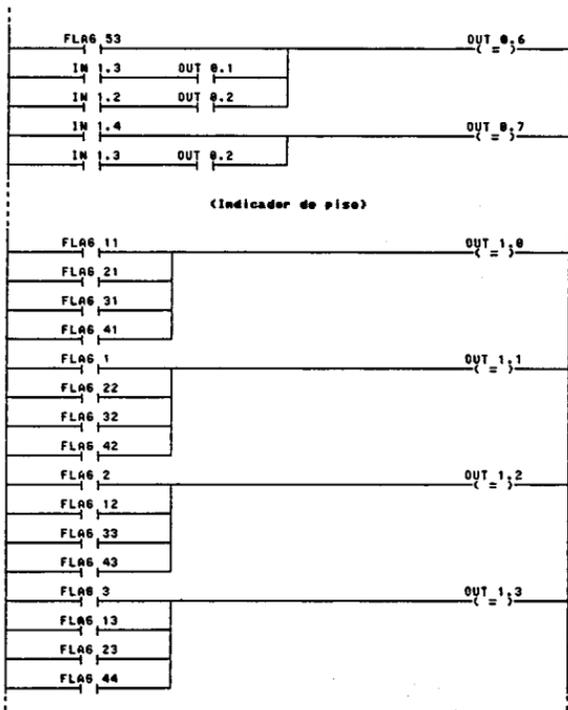


```

LD IN 0.6          LD FLAG 52
AND FLAG 42       LD IN 1.1
RESET OUT 0.2    AND OUT 0.1
SET FLAG 51      OR LD
RESET FLAG 42   LD IN 1.0
SET T2          AND OUT 0.2
LD FLAG 41      OR LD
AND NOT T1      = OUT 0.5
AND NOT T2
SET OUT 0.2
RESET FLAG 51
RESET FLAG 52
RESET FLAG 53
LD IN 0.5
AND FLAG 41
RESET OUT 0.2
RESET FLAG 41

LD IN 0.5
LD IN 0.6
AND OUT 0.1
OR LD
= OUT 0.3
LD FLAG 51
LD IN 0.7
AND OUT 0.1
OR LD
LD IN 0.6
AND OUT 0.2
OR LD
LD IN 0.6
AND OUT 0.2
OR LD
= OUT 0.4

```



```

LD FLAG 53
LD IN 1.3
AND OUT 0.1
OR LD
LD IN 1.2
AND OUT 0.2
OR LD
= OUT 0.6

LD IN 1.4
AND OUT 0.7
OR LD
= OUT 0.6

LD IN 1.4
LD IN 1.3
AND OUT 0.2
OR LD
= OUT 0.7

LD FLAG 11
OR FLAG 21
OR FLAG 31
OR FLAG 41
= OUT 1.0

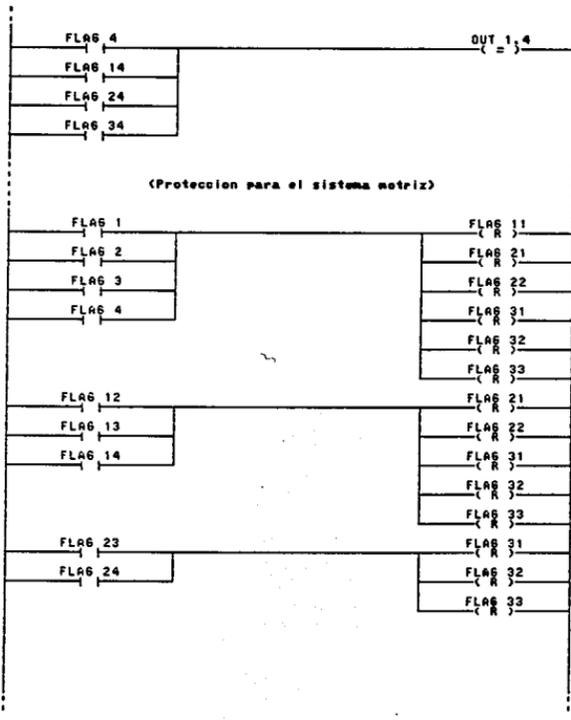
LD FLAG 1
OR FLAG 22
OR FLAG 32
OR FLAG 42
= OUT 1.0

LD FLAG 1
OR FLAG 22
OR FLAG 32
OR FLAG 42
= OUT 1.1

LD FLAG 2
OR FLAG 12
OR FLAG 33
OR FLAG 43
= OUT 1.1

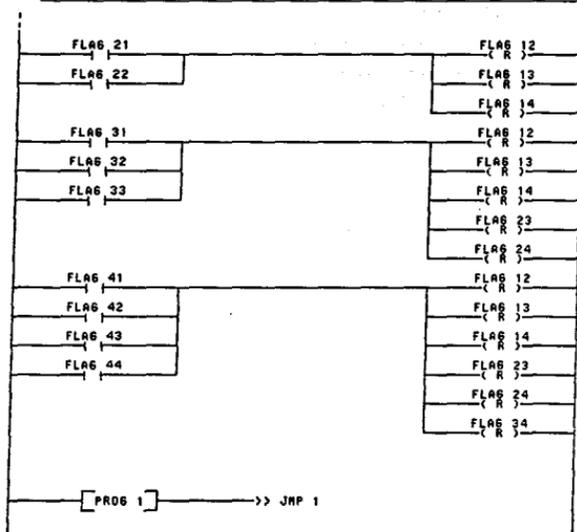
LD FLAG 2
OR FLAG 12
OR FLAG 33
OR FLAG 43
= OUT 1.2

LD FLAG 3
OR FLAG 13
OR FLAG 23
OR FLAG 44
= OUT 1.2
  
```



LD FLAG 4
 OR FLAG 14
 OR FLAG 24
 OR FLAG 34
 = OUT 1.4

LD FLAG 1
 OR FLAG 2
 OR FLAG 3
 OR FLAG 4
 RESET FLAG 11
 RESET FLAG 21
 RESET FLAG 22
 RESET FLAG 31
 RESET FLAG 32
 RESET FLAG 33
 LD FLAG 12
 OR FLAG 13
 OR FLAG 14
 RESET FLAG 21
 RESET FLAG 22
 RESET FLAG 31
 RESET FLAG 32
 RESET FLAG 33
 LD FLAG 23
 OR FLAG 24
 RESET FLAG 31
 RESET FLAG 32
 RESET FLAG 33



```

LD FLAG 21
OR FLAG 22
RESET FLAG 12
RESET FLAG 13
RESET FLAG 14
RESET FLAG 14
LD FLAG 31
OR FLAG 32
OR FLAG 33
RESET FLAG 12
RESET FLAG 13
RESET FLAG 13
RESET FLAG 14
RESET FLAG 23
RESET FLAG 24
RESET FLAG 24
LD FLAG 41
OR FLAG 42
OR FLAG 43
OR FLAG 44
RESET FLAG 12
RESET FLAG 13
RESET FLAG 14
RESET FLAG 23
RESET FLAG 24
RESET FLAG 24
LD PROG 1
JMP 1
    
```

8.6. FUNCIONAMIENTO.

El funcionamiento general del elevador se basa en la maniobra simple colectiva en subida y bajada, y su funcionamiento se describe a continuación:

El elevador cuenta con cinco pulsadores (entradas 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, y 0.4); como se muestra en la figura 8.15. Cada uno de los pulsadores tiene dos funciones básicas:

1. Una es la de simular los botones de llamada o de piso, es decir, la cabina se moverá en dirección al piso correspondiente con el número del botón oprimido, para que posteriormente el elevador proceda a atender al usuario. Por ejemplo, imagine que una persona se encuentra en el 3er. piso y desea abordar el elevador para descender a la planta baja, en ese momento la cabina se encuentra en el 1er. piso, para que el usuario pueda hacer la llamada a la cabina tiene que oprimir el botón de piso (que en este caso lo representa el pulsador número 3), y de esta forma la cabina ascienda hasta llegar al 3er. piso y el usuario pueda abordarlo.

2. La otra función la desempeñan los cinco pulsadores en conjunto, que simulan la botonera que debe ir dentro de la cabina; al oprimir un botón la cabina se mueve al piso del número del botón antes oprimido. Ahora imagine que la persona del ejemplo anterior entra a la cabina, y como dicha persona desea ir a la planta baja, oprime el botón PB, el elevador espera 3 segundos para recibir otra orden, si no la hay, inmediatamente la cabina procede a descender hasta llegar a su destino.

El elevador presenta la característica de que cuando va en ascenso hace parada en los pisos donde se le haya hecho previamente llamada, y de la misma forma va atendiendo las órdenes de mando registradas por él o los usuarios, es decir lo hace en forma colectiva.

Del mismo modo, cuando la cabina va en descenso hace parada en donde se hayan registrado los mandos de cabina y las llamadas de piso.

El elevador cuenta con 8 microinterruptores o finales de carrera (FC), los cuales se encuentran distribuidos como se muestra en la figura 8.15 correspondiente a las disposiciones de entrada al PLC. Los FCS (entradas 0.7, 1.1, 1.3 y 1.4) se refieren a los finales de carrera en subida, que se accionan cuando el elevador va en ascenso, dando una señal de entrada al PLC, el cual a su vez envía una señal de salida, deteniendo el motor y por consiguiente la cabina.

Los FCB (entradas 0.5, 0.6, 1.0, 1.2) se refieren a los finales de carrera en bajada, que se accionan cuando el elevador va en descenso, procediendo del mismo modo que los FCS.

En lo que se refiere a las señales de salida, se cuentan con los siguientes dispositivos:

Un motor síncrono de 120 volts de c.a. conectado a dos relevadores (uno para cada sentido de giro), los cuales abren y cierran sus contactos al ser alimentados por la salida 0.1 (subida) y la salida 0.2 (bajada) del PLC, dándole un sentido de giro al motor para que la cabina suba o baje, según se desee. Véase la figura 8.14.

Por otro lado, 5 focos piloto (salidas 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 y 0.7) indican la posición de cabina desde la planta baja (PB) al 4o. piso; véase la figura 8.16. Los focos piloto se encienden solo cuando los finales de carrera se activan al ser presionados por la cabina, de acuerdo con el programa de control. Por ejemplo si se activa el FCB1 que se encuentra conectado en la entrada 0.5 se enciende el foco que encuentra en la salida 0.3 y que corresponde a la planta baja. Otra forma de indicar la posición de cabina es cuando esta se encuentra en movimiento, para lo cual se han dado algunas ordenes de entrada para cada dirección (subida o bajada). Por ejemplo, si la cabina va en ascenso el indicador cambia solo cuando se activan los FCS, pero si la cabina va en descenso el indicador cambia solo cuando se activan los FCB.

Otros 5 focos piloto nos indican el piso donde se va a detener la cabina (salidas 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4). Estos se encienden cuando están activadas las banderas (FLAGS), que funcionan como memorias o enclavamientos al oprimir los pulsadores, y se apagan cuando se desactivan dichas banderas.

En el programa de control se incluyen dos temporizadores ($T1 = 3$ seg. y $T2 = 5$ seg.). El temporizador T1 se activa al oprimir uno de los pulsadores, y partir de ese momento se cuentan 3 segundos para esperar algún otro registro de mando, si no lo hay, la cabina se mueve de acuerdo a la orden que se le haya dado. El temporizador T2 se carga cuando se le ha dado más de una orden de mando y se activa cuando la cabina se detiene en los pisos registrados, excepto en el último por atender, este temporizador se asignó con el fin de simular la apertura y cierre de puertas (en realidad para este proceso el tiempo asignado al temporizador debe ser mayor). Por ejemplo, si la cabina se encuentra en la planta baja, y se dan las órdenes para subir a los pisos 1, 3 y 4, la cabina al llegar al piso 1 se detiene 5 segundos, y continua su recorrido en ascenso hasta llegar al piso 3, donde se detiene otros 5 segundos, y por último sigue su recorrido hasta llegar al piso 4, para después allí quedarse y esperar una nueva orden o llamada.

El elevador también incluye un sistema de preferencia en bajada, es decir, que si la cabina se encuentra estacionada en un piso cualquiera del edificio y no tiene órdenes de mando por cumplir, los usuarios que entran a la cabina pueden dar varias órdenes de mando según sus necesidades, y si entre estas tenemos en subida y bajada, independientemente del orden en que se hayan dado, el elevador opta por la orden de mando en bajada, borrando de la memoria la o las órdenes de subida. Por ejemplo, si la cabina se encuentra estacionada en el 2o. piso y entran dos personas, y una de ellas desea ir al 4o. piso y la otra a la planta baja, al oprimir ambos los botones correspondientes a los pisos deseados dentro del tiempo de arranque de la cabina y no importando el orden en el que se hayan pulsado los botones, el elevador elige la orden de bajada, es decir, la correspondiente a la planta baja. La elección por la preferencia de la orden de mando en bajada se debe a que en un servicio normal de un edificio, cuando una persona se encuentra en un piso cualquiera, que no sea la planta baja, lo que normalmente desea es descender para desalojar el edificio, y no subir a otro nivel de este.

Por último, el elevador cuenta con un sistema de protección para el grupo tractor, el cual sirve para evitar que entren al mismo tiempo las dos señales al motor (referentes al sentido de giro), y provoquen una avería en este último. Cuando al elevador se le han dado varias órdenes de mando ya sea solo en subida o solo en bajada, no atiende una orden en sentido contrario a la que se le ha asignado, hasta haber completado la última orden en ese sentido. Por ejemplo, suponga que el elevador se encuentra en la planta baja y se le dan las órdenes de subida al 1o, 2o y 3er piso, el elevador no atiende ninguna orden en bajada, hasta completar la última orden en subida asignada (en este caso el 3er piso), pero si se le pueden agregar más órdenes en subida cuando la cabina va en ascenso (por ejemplo para el 4o. piso), una vez completadas todas las órdenes en subida, se le pueden dar nuevas órdenes en subida o bajada. Del mismo modo, cuando al elevador se le han asignado varias órdenes en bajada, no se le pueden dar órdenes en subida, hasta haber completado la última orden en bajada.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El insaciable afán del hombre por explorar nuestro mundo ha permitido estimular la investigación, y con base en esto, ingenieros y científicos, se han preocupado día con día en ofrecer nuevas alternativas tecnológicas que permitan la disminución del trabajo al hombre.

A finales de la década de los 60's aparecen los primeros Controladores Lógicos Programables como resultado de la necesidad causada por los constantes cambios en las líneas de producción. A partir de ese momento los Automatas Programables han sufrido cambios paulatinamente, los cuales nos han permitido hacer uso de más y mejores funciones.

El PLC posee un grupo de lenguajes internos; lo cual es muy importante, ya que nos permite elaborar programas de control que satisfagan las necesidades de operación de la tarea a ejecutar.

Al hablar de una tarea a ejecutar, se parte del hecho de que en la industria hay infinidad de procedimientos que deben seguirse, para que de forma globalizada, todos estos nos den como resultado la realización de un producto.

Considerando las ventajas y comodidades que nos ofrece el Controlador Lógico Programable, se proyectó construir un elevador a escala y controlar todas sus funciones mediante este dispositivo.

Inicialmente se realizaron los bosquejos de la estructura del elevador mediante el programa AUTOCAD, los cuales presentan una idea general que se tenía antes de construirlo.

Posteriormente, se seleccionó el material para la construcción de cada uno de los elementos que conforman el elevador. A continuación, fué necesario armar la estructura del elevador, así como distribuir adecuadamente todo el cableado eléctrico (de pulsadores, finales de carrera, focos piloto y motor síncrono con sus respectivos relevadores, para invertir el sentido de giro).

Una vez concluido todo el trabajo que involucraba la construcción del elevador; se procedió a elaborar un programa que permitiera, mediante el Controlador Lógico Programable, manipular el elevador.

El programa de control fué realizado con base en el Diagrama de Escalera y la Lista de Instrucciones; incluye instrucciones de mando para cada uno de los pisos del elevador (PB al 4to. Piso), señalización de posición de cabina e indicadores de piso, así como una protección para el sistema motriz. Asimismo se introdujeron en el programa de control dos temporizadores, uno para simular el de tiempo de la apertura y cierre de puertas, y otro para esperar las llamadas a la cabina. Cabe hacer mención, que al elaborar el programa de control, fué necesario editarlo en varias ocasiones, debido a que una vez cargado el programa, surgían nuevos problemas al momento de hacer funcionar el elevador.

La planeación que se realizó, y que se siguió paso a paso, para llegar al objetivo trazado en un principio (que era la Automatización de un Elevador mediante un PLC), fué la adecuada ya que permitió que se obtuvieran los resultados esperados en forma ordinaria y práctica.

BIBLIOGRAFÍA

1) **ROBOTICA. Control, detección, visión e inteligencia.**

K. S. F.U., R.C. González, C.S.G. Lee

Editorial Mc. Graw-Hill

2) **INTRODUCTION TO ROBOTICS**

Arthur j. Critchlow

State University Sacramento

3) **FUNDAMENTALS OF INDUSTRIAL ROBOTS AND ROBOTICS**

Rex Miller

Publishing company Boston

4) **APPLIED ROBOTIC ANALYSIS**

Robert E. Parkin

Prentice Hall

5) **ROBOT TECHNOLOGY VOLUME 4 (ROBOT AND COMPONENT SYSTEMS)**

Francois L'Hote, Jean Marie Kauffman

Prentice Hall

6) **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**

Principles and applications

John Webb

Mc. Millan Publishing Company

2nd. Edition, New York, 1992

7) AUTÓMATAS PROGRAMABLES

A. Porras, A.P. Montanero
Editorial Mc. Graw Hill
1a. Edición, México 1990

8) AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Albert Mayol i Badia
Editorial Marcombo
1a. Edición, España 1992

9) PROGRAMMABLES CONTROLLERS AND DESIGNING SEQUENTIAL LOGIC

Filer & Leinoimen
Saunders College Publishing
1st. Edition, U.S.A., 1994

10) FUNDAMENTALS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS, SENSOR & COMUNICATIONS

John Stenerson
Editorial Regents/Prentice Hall
1st.. Edition, U.S.A., 1994

11) TRANSPORTACIÓN VERTICAL EN EDIFICIOS

Eduardo Saad, Carlos Castellanos
Editorial Trillas
Normas para la instalación de equipos mecánicos, 1991

12) ASCENSORES Y MONTACARGAS

José María Lasheras Esteban
Ediciones Cedel
Barcelona, 1980

13) **TRANSPORTACIÓN VERTICAL. Ascensores y escaleras móviles.**
George R. Strakosch (Otis Elevator Company)
Editorial Marcombo
Boixareu, 1973

14) **ELECTRIC LIFTS. A manual on the current practice in the design, installation, working and maintenance of lifts.**
R. S. Phillips
Sir Isaac Pitman & Sons Ltd.
Londres, 1966