



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica.

**PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA
IMPRESORA DE SACOS, PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO
DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO, ASISTIDO POR UN P.L.C.**

José Fernando Díaz Castillo

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, enero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA
IMPRESORA DE SACOS, PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO
DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO, ASISTIDO POR UN P.L.C.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

JOSÉ FERNANDO DÍAZ CATILLO

**ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO
ZEPEDA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ENERO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Vocal I	Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II	Ing. Alba Maritza Guerrero de López
Vocal III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
Vocal IV	Br. José Milton De León Bran
Vocal V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA
IMPRESORA DE SACOS, PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO
DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO, ASISTIDO POR UN P.L.C.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 15 de enero de 2008, ref. EPS. DOC. 24.01.08



José Fernando Díaz Castillo



Guatemala, 24 de noviembre de 2008
REF.EPS. DOC.1047.11.08.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

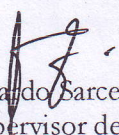
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **JOSE FERNANDO DÍAZ CASTILLO** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200010817, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA IMPRESORA DE SACOS PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO ASISTIDO POR UN P.L.C.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

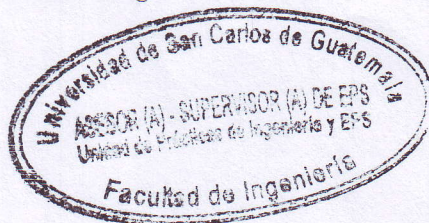
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Barceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de noviembre de 2008
REF.EPS. D.1047.11.08

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

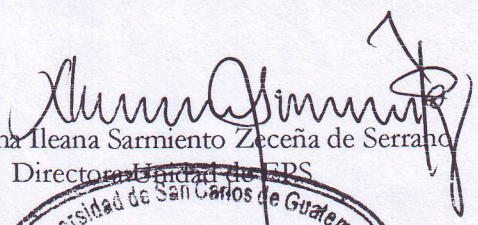
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA IMPRESORA DE SACOS PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO ASISTIDO POR UN P.L.C."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **JOSE FERNANDO DÍAZ CASTILLO** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

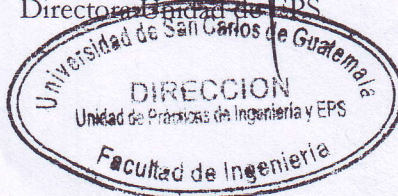
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA IMPRESORA DE SACOS PARA USO AGRÍCOLA POR MEDIO DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO ASISTIDO POR UN PLC, del estudiante José Fernando Díaz Castillo, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Carrizosa Paiz
DIRECTOR



Guatemala, enero de 2009

/behdei

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por acompañarme en todo momento, por darme la vida y por permitir estar hoy aquí alcanzando este triunfo.
- LA VIRGEN MARIA:** Porque en ella encontré consuelo en los momentos mas difíciles de mi vida.
- MIS PADRES:** César Augusto Díaz Mendoza y Clara Luz Castillo de Díaz, por representar lo mas importante en mi vida, por darme la existencia y el privilegio de obtener este triunfo, el cual es también suyo.
- MIS HERMANOS:** Oswaldo y Marcelo, por ser mis mejores amigos, porque sé que siempre podré confiar con ellos y por guiarme en el camino del triunfo.
- MIS TÍOS:** Juanita, José, Maria Teresa, Rodolfo, Miguel Ignacio, Graciela, Josefina y Adolfo, por deberles junto a mis padres mi formación como hombre y como

profesional, mi eterna gratitud por su cariño y apoyo.

MIS PRIMOS:

Maria Gabriela y Adolfo, por la hermandad que nos ha unido.

MIS SOBRINAS:

Gaby y Teresita, por el cariño que me brindan y por darme alegría.

MIS AMIGOS:

Por demostrarme su apoyo, lealtad, afecto y sinceridad desinteresadamente.

**LA REAL, PONTIFICIA, GLORIOSA
Y TRICENTENARIA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:**

Por ser la casa de estudios donde se forman los mejores profesionales de Guatemala y por ser "Grande entre las del mundo".

LA FACULTAD DE INGENIERÍA:

En especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por permitir mi formación en sus ilustres aulas.

MI PAÍS:

Especialmente a la muy noble, muy leal ciudad de Santiago de Los Caballeros, La Antigua Guatemala.

AGRADECIMIENTOS A:

- MI ASESOR:** Ing. Edwin Sarceño, por sus consejos apoyo en la realización de este trabajo.
- MI REVISOR:** Por sus acertadas sugerencias para la concreción definitiva de este trabajo.
- MI AMIGO:** Ing. Byron Orozco, por permitirme realizar el año de práctica bajo su supervisión.
- SACOS S.A.:** Por permitirme realizar mi proyecto de graduación bajo su supervisión y en sus prestigiosas instalaciones.
- MI AMIGO:** Ing. Juan Carlos Vielman, por la valiosa ayuda prestada para la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DEI LUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. Definición de Neumática	1
1.2. Fundamentos de Neumática	2
1.3. El aire comprimido	6
1.3.1. Características del aire comprimido	7
1.3.2. El aire es compresible	9
1.4. Fundamentos Físicos	11
1.5. Grupo de accionamiento	13
1.5.1. Fuente de aire comprimido compresor	13
1.5.2. Métodos de compresión	14
1.5.3. Tipos de compresores	15
1.5.3.1. Compresores de desplazamiento positivo (flujos intermitentes)	16
1.5.3.1.1. Compresores reciprocantes	16
1.5.3.1.2. Compresores rotativos	20
1.5.3.2. Compresores de flujo continuo	24
1.5.3.2.1. Compresores dinámicos	24
1.5.3.2.2. Eyectores	27

1.5.4.	Válvulas generalidades _____	27
1.5.4.1.	Válvulas distribuidoras _____	29
1.5.5.	Unidad de mantenimiento _____	32
1.5.5.1.	Conservación de la unidad de mantenimiento_	34
1.5.5.2.	Filtros de aire _____	34
1.5.5.3.	Reguladores de presión _____	37
1.5.5.4.	Lubricador de aire comprimido _____	40
1.6.	Secadores _____	41
1.7.	Definición de un PLC o autómatas _____	45
1.7.1.	Sistemas de control _____	45
1.7.1.1.	Automatismos analógicos y digitales _____	47
1.7.1.2.	Automatismos cableados y programables_____	49
1.7.2.	Estructura del autómatas _____	51
1.7.2.1.	El autómatas programable _____	51
1.7.2.2.	Estructura del PLC _____	54
	1.7.2.2.1. Unidad central de proceso, CPU_	55
1.7.3.	Instrucciones y direccionamiento _____	60
1.7.3.1.	Descripción general de la capacidad de un PLC	60
1.7.3.2.	Direccionamiento de entradas y salidas _____	62
1.7.3.3.	Estado de las señales _____	63
1.7.4.	Ciclo operativo _____	65
1.7.4.1.	Modos de operación _____	65
1.7.4.2.	Ciclo de funcionamiento _____	66
1.7.4.3.	Revisión del sistema _____	70
1.7.5.	Funciones lógicas básicas _____	71
1.7.5.1.	Función <i>NOT</i> (negación) _____	71
1.7.5.2.	Función <i>AND</i> (conjunción) _____	72
1.7.5.3.	Función <i>OR</i> , (disyunción) _____	73
1.7.6.	Lenguajes de programación _____	75

1.7.6.1.	Tipos de lenguajes de programación _____	75
1.7.6.2.	El diagrama de contactos o diagrama en escalera (<i>ladder diagram</i>) LD _____	76
1.7.6.2.1.	Bloques de función del LD _____	77
1.7.6.3.	Lista de instrucciones (<i>statement list</i> o <i>instruction list</i>) IL _____	78
1.7.6.3.1.	Bloques de función del IL _____	81
1.7.6.4.	Diagrama de Bloques de Función (<i>function block diagram</i>) DB _____	82
2	FASE DE INVESTIGACIÓN _____	85
2.1.	Antecedentes históricos de la Impresora de Sacos _____	85
2.2.	Realidad actual del proceso de Impresión de Sacos _____	89
2.3.	Análisis de las características de funcionamiento del circuito neumático de la impresora _____	91
2.3.1.	Descripción del circuito neumático de la impresora _____	91
2.3.2.	Análisis del circuito neumático _____	95
2.4.	Evaluación del funcionamiento de la Impresora de Sacos _____	97
2.5.	Factores a considerar para la selección idónea de elementos del sistema secuencial neumático _____	98
2.6.	Factores a considerar para la selección idónea de elementos del autómatas o PLC _____	99
3	DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO ASISTIDO POR UN PLC _____	101
3.1.	Diseño del circuito secuencial neumático _____	101
3.2.	Selección de elementos neumáticos a utilizar _____	104
3.3.	Selección adecuada del tipo de autómatas o PLC _____	105
3.4.	Diseño del programa secuencial para asistir el circuito neumático _____	107
3.5.	Calibración del tiempo de Impresión de Sacos _____	111
	CONCLUSIONES _____	113

RECOMENDACIONES _____ **115**
BIBLIOGRAFÍA _____ **117**
ANEXO 1 _____ **119**
ANEXO 2 _____ **127**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Esquema común de la conversión y transformación de la energía	2
2	Esquema de conversión de energía en trabajo	3
3	Comportamiento de un gas al ser comprimido	9
4	Embolo móvil de área A, comprimiendo un gas por efecto $F=P \cdot A$	11
5	Clasificación de compresores	15
6	Tipos de compresores	16
7	Compresor de émbolo oscilante	17
8	Compresor de émbolo rotativo de dos etapas	19
9	Compresor de membrana	20
10	Compresor rotativo multicelular	21
11	Compresor de tornillo helicoidal	23
12	Compresor roots	24
13	Compresor de flujo axial	25
14	Compresor de flujo radial	26
15	Unidad de mantenimiento	33
16	Símbolo de la unidad de mantenimiento	33
17	Filtro finísimo de aire comprimido	35
18	Filtro de aire comprimido con regulador de presión	36
19	Regulador de presión con orificio de escape	38
20	Regulador de presión sin orificio de escape	39

21	Lubricador de aire comprimido	41
22	Secado por absorción	42
23	Secado por adsorción	43
24	Secado por enfriamiento	44
25	Sistema de control	45
26	Sistema de control de lazo cerrado	46
27	Señales de entrada y salida de la unidad de control	48
28	Autómata programable de tipo modular	52
29	Red de autómatas	54
30	Diagrama de bloques de estructura de un Autómata programable	55
31	Diseño fundamental de un microordenador	56
32	Diseño de un microprocesador	57
33	Esquema de fuente de alimentación para autómata programable	59
34	Acceso a un bit de entrada en la memoria de la CPU	63
35	Relación entre la ubicación del terminal de cableado de E/S real y la dirección de las instrucciones en el programa, en un micro PLC Allen Bradley	64
36	Ciclo operativo del PLC	66
37	Acceso a las memorias imagen de entradas y salidas en el ciclo operativo	67
38	Secuencia de ejecución del programa de usuario	68
39	Diagrama eléctrico de una función <i>NOT</i>	71
40	Diagrama eléctrico de una función <i>AND</i>	72
41	Diagrama eléctrico de una función <i>OR</i>	74
42	Estructura básica de un renglón del Diagrama de Escalera	76
43	Conexiones lógicas en el Diagrama de Escalera	77
44	Boque de función dentro del Diagrama de Escalera	78
45	Estructura de una instrucción en el lenguaje de lista de instrucciones	79

46	Diagrama de bloque de funciones (FBD)	82
47	Bloque de función utilizado en lenguaje FBD	82
48	Foto frontal de la Impresora de Sacos	85
49	Diagrama secuencial neumático de la impresora	92
50	Cilindro de doble efecto	93
51	Cilindro con amortiguación interna	94
52	Símbolo de una válvula distribuidora 5/2	94
53	Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal)	95
54	Diagrama desplazamiento-fase del circuito neumático de la Impresora	96
55	Sistema de alimentación de sacos	101
56	Diagrama secuencial neumático para el sistema de alimentación	102
57	Diagrama desplazamiento-fase del circuito secuencial neumático	103
58	Sistema de automatización S7 200	106
59	Programa secuencial por etapas del autómeta	108
60	Programa secuencial del PLC para asistir a la Impresora de Sacos en lenguaje de programación KOP	109
61	Continuación del programa secuencial del PLC para asistir a la Impresora de Sacos en lenguaje de programación KOP	110

TABLAS

I.	Prescripciones de trabajo por etapas de compresores oscilantes	18
II.	Comparación entre sistemas cableados y sistemas programables	49
III.	Comparación entre sistemas lógicos a medida y sistemas programables por el usuario	51
IV.	Características de los autómatas atendiendo a su modularidad	53
V.	Elementos básicos del Diagrama de Escalera	76
VI.	Algunos operadores del lenguaje de lista de instrucciones IL	80
VII.	Uso y listado de los modificadores	81
VIII.	Invocación de funciones en el lenguaje de lista de instrucciones	82
IX.	Orden de mantenimiento preventivo	87
X.	Orden de mantenimiento correctivo	88
XI.	Tabla de símbolos del programa secuencial para el autómata	108

GLOSARIO

ALU, Unidad aritmética y lógica	Esta ejecuta las operaciones lógicas y aritméticas con los datos transmitidos.
Autómata	Máquina que imita los movimientos de un ser animado por medio de un sistema de control.
Axial	Determinar el sentido de acción de una fuerza o energía, el cual se determina paralelo al eje del objeto.
Bit o bit's	Unidad elemental de información que solo puede tener dos valores distintos cero o uno (0 ó 1).
Carcasa	Envoltura que sirve para proteger sistemas mecánicos, eléctricos o cinéticos.
Cáter	Contenedor que protege un sistema de lubricación de un engranaje.
Centrífugo	Someter los elementos a una separación del centro de un eje por efecto de una fuerza externa.

CPU, Unidad central de proceso	Es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones de datos y de control.
Cóncavo	Aquello que forma una curvatura hacia el interior de un objeto o elemento.
Convexo	Aquello que forma una curvatura hacia el exterior de un objeto o elemento.
Deflagración	Término de una acción, explosión violenta.
Diagrama Desplazamiento- Fase	Este describe la secuencia de Accionamiento de los elementos de un circuito neumático o hidráulico.
Émbolo	Disco que se desplaza alternativamente en el cuerpo de un cilindro de un elemento de acción en un sistema neumático.
Excéntrico	Determina el sentido de un sistema de eje que se encuentra fuera del centro.
Fuelle	Instrumento utilizado para recoger aire y lanzarlo en una dirección determinada, también llamado soplador.

Hermetismo	Que no deja pasar nada ni hacia fuera ni hacia dentro de un sistema neumático.
Interfase	Límite entre dos sistemas o unidades que hace posible un intercambio de información.
Lazo abierto	Estructura de control de un sistema con una cadena directa.
Lazo cerrado	Estructura de control de un sistema con una cadena directa y un retorno o realimentación.
PLC, Controlador lógico programable	Es la unidad de control, incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso.
Sistema de control	Gobierna la respuesta de una planta sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida.
Sistema híbrido	Este procede de dos sistemas lógicos que constituidos por elementos de distinto origen.

RESUMEN

Con la finalidad de crear un proceso de impresión para sacos de uso agrícola con la tecnología utilizada en la automatización neumática que día a día va incorporando con mayor tendencia en la industria guatemalteca, se ha propuesto el estudio de automatización de una impresora de cuatro colores en la empresa SACOS S.A. por medio de un circuito secuencial neumático asistido por un PLC.

En el primer capítulo de este trabajo de graduación se mencionan algunos conceptos y definiciones de los equipos y elementos utilizados en la industria para los distintos procesos de producción, en este caso, impresión de sacos para uso agrícola. La neumática es la más utilizada en estos procesos por su generación, almacenaje y utilización del aire comprimido; resulta relativamente barata y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. La automatización tiene como objetivo gobernar la respuesta de una planta, sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida.

En el segundo capítulo, establezco la fase de investigación del proceso de Impresión de los Sacos así como el comportamiento de la impresora de cuatro colores. Aquí hago un análisis y evaluación del funcionamiento del circuito neumático que tiene la operación de alinear el saco, para después jalarlo por medio de un cilindro de doble efecto.

En el tercer capítulo, se presenta el diseño un sistema para la alimentación de sacos en la impresora de cuatro colores con asistencia del

autómata o PLC, así como la selección idónea de los distintos elementos neumáticos a utilizar, como del autómata o PLC, el cual tiene el gobierno del proceso de impresión de sacos por medio de un programa secuencial y así reducir tiempo muerto y paros innecesarios por el personal.

OBJETIVOS

General

- Realizar el estudio y establecer los parámetros para la automatización de una Impresora de Sacos para uso agrícola en la empresa SACOS S.A.

Específicos:

1. Realizar el estudio de factores a considerar en las variables de la maquinaria y en los equipos neumáticos para la realización de un circuito secuencial.
2. Evaluar los factores que influyen en las variables de diseño de un circuito secuencial neumático, asistido por un autómeta y en los equipos electrónicos.
3. Establecer una guía de referencia que facilite la selección adecuada de los elementos neumáticos, así como del autómeta o PLC idóneo.
4. Optimización de la maquinaria y los equipos actuales, de modo que el circuito secuencial neumático asistido por un autómeta sea familiar para el operario.
5. Demostrar que es factible la realización del proyecto.
6. Con los estudios obtenidos dar recomendaciones y lineamientos que orienten en la medida de lo posible, los alcances y aplicaciones del sistema.

INTRODUCCIÓN

El incremento constante de la automatización industrial en Guatemala. Actualmente, es la tendencia en el sector de la industria, que busca por cualquier medio la reducción de los costos de operación, esto hace que las empresas busquen la forma adecuada de modernizar su maquinaria y equipos para que sus procesos de producción sean mas eficientes, con el fin de de optimizar sus recursos y garantizar la calidad de sus productos, además de reducir considerablemente el personal que opera la maquinaria.

La neumática es el centro principal de la automatización, y las diferentes tecnologías estudiadas constituyen el sostén de apoyo para transformar la mecanización en automatización, por ello este trabajo de graduación pretende realizar el estudio para la automatización de una impresora de sacos para uso agrícola en la empresa SACOS S.A.

La impresora consta de un circuito neumático bastante sencillo, tiene como objeto alinear el saco, para después jalarlo por medio de un cilindro de doble efecto con un rodillo en su final de carrera, contra la banda transportadora, así es como alimentan a la impresora de sacos, en sí este proceso es el que se pretende automatizar para evitar paros innecesarios, tiempos muertos y costos generales, debidos en base una persona que opera la maquinaria. Por medio del rediseño de un circuito secuencial neumático asistido por un autómeta o PLC, podemos desarrollar el proyecto de una forma adecuada bajo las especificaciones y necesidades que la empresa requiera, con un bajo costo y una optimización de sus recursos.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Definición de Neumática.

La Neumática es la rama de la técnica que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos; es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

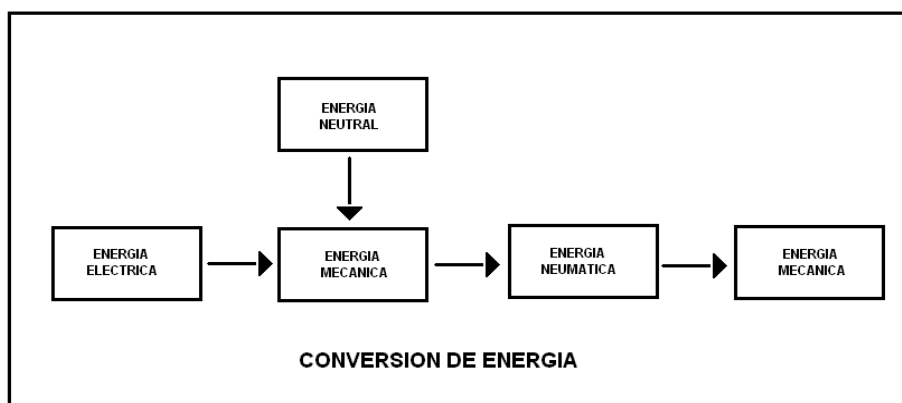
El aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido. Por ejemplo, cuando inflamos un globo y posteriormente lo soltamos sin cerrar, la energía acumulada por el aire lo hace revolotear rápidamente por la habitación. Se produce una transformación de la energía almacenada en trabajo útil en mover el globo.

Hoy en día son muchos los sistemas técnicos que basan su funcionamiento en este tipo de energía. Por ejemplo, las puertas de algunos autobuses y trenes se accionan con aire comprimido; en la industria son muy útiles los sistemas neumáticos porque proporcionan movimiento lineal y desarrollan grandes fuerzas, utilizándose para empujar y levantar cargas pesadas, en cadenas de montaje automatizado, etc.

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo.

Cuando el aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, aumenta la presión y obliga a desplazarse a un émbolo situado en su interior, y proporcionando un movimiento lineal y realizando un trabajo. Las válvulas tienen como misión controlar el flujo de aire comprimido que entra y sale de los cilindros. Las válvulas son los elementos de control del circuito.

Figura 1. Esquema común de la conversión y transformación de la energía.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Aire Comprimido. Pg. 1

1.2. Fundamentos de Neumática.

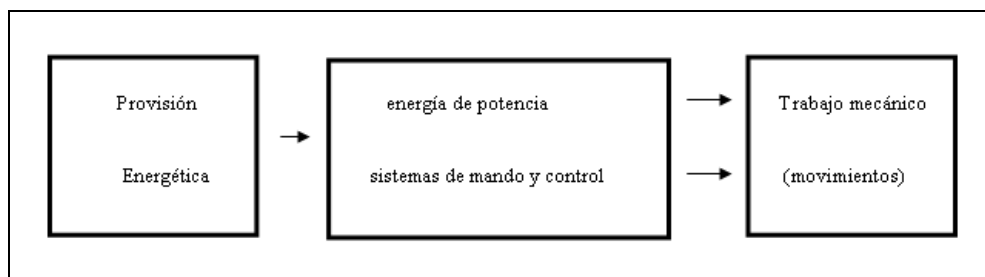
El término neumática proviene del griego "pneuma" que significa aliento o soplo, aunque el término neumática debe aplicarse en general al estudio del comportamiento de los gases, este término se ha adecuado para comprender

casi exclusivamente los fenómenos de aire comprimido o sobre presión (presión por encima de una atmósfera) para producir un trabajo.

La revolución industrial del siglo XIX supuso la sustitución del trabajo humano o animal mediante maquinaria u otras formas técnicas, con el fin de hacer más trabajo en menos tiempo y con menor esfuerzo. Esta maquinaria u otras formas técnicas, desde el punto de vista energético, supone transformar un determinado tipo de energía en energía mecánica, es decir, producir unos determinados movimientos, en unos determinados instantes de tiempo.

Para ello cualquier tipo de maquinaria o proceso industrial requiere que una parte de la energía que toma la máquina se transforme en energía de potencia (producir movimientos), y otra parte es destinada a los sistemas de información y mando, que produce en la máquina o proceso, el control del movimiento, tanto en cantidad, como espacialmente y temporalmente.

Figura 2. Esquema de conversión de energía en trabajo.



Fuente: Manual INTECAP, Neumática Básica. Pg. 1

Así, como ejemplo, una corta planchas, requiere bajar la cuchilla y cortar (producir el movimiento), cuando exista una plancha, y se encuentre en la posición adecuada (mediatizado por el sistema de mando y control).

A nivel histórico, tanto las máquinas como procesos eran totalmente mecánicos, así la provisión energética era del tipo mecánico, un motor térmico (motores de vapor) era conectado a un eje en donde unas poleas y ejes y correas transmitían el movimiento al resto de maquinaria (energía de potencia) y mediante excéntricas, levas, bielas, reductores y transmisiones (sistemas de mando y control) producían los movimientos requeridos en las diferentes máquinas (trabajo mecánico, movimientos adecuados). Estos sistemas eran totalmente mecánicos, con dos grandes inconvenientes, uno que todo el sistema poseía gran masa, y por tanto las energías necesarias para poner en marcha y parar estos sistemas era muy elevada al poseer fuertes fuerzas de inercia, y el otro que cuando se tenía que cambiar el tipo de movimiento, era muy costoso, debido a la construcción, del nuevo sistema de mando y control, y su montaje, que suponía parar la producción durante un elevado período de tiempo.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, los sistemas clásicos puramente mecánicos, pasaron a ser sistemas eléctricos, en donde, la provisión energética es del tipo eléctrica (motor eléctrico, electroimanes elevadores, motores eléctricos lineales, etc.), y mediante contactores y relés de mando (sistemas de mando y control) producían los movimientos requeridos en las diferentes máquinas (trabajo mecánico, movimientos adecuados). El inconveniente de estos sistemas eléctricos es el bajo par de los motores eléctricos y la costosa transformación de movimientos angulares a movimientos lineales.

A partir de la Segunda Guerra Mundial de mediados del siglo pasado, y la acuciante necesidad bélica de automatizar la industria para adecuarla a grandes producciones, reaparecen los sistemas neumáticos e hidráulicos que se utilizaron puntualmente a través de la historia. Los sistemas neumáticos se

utilizan para bajas cargas y altas velocidades de trabajo, y los hidráulicos para cargas altas y velocidades de trabajo bajas.

Ambos sistemas se basan que a través de una provisión energética, generalmente mecánica, transformamos la energía, en energía de presión de un fluido (aire o aceite), este es dirigido a las máquinas, y transforman la energía de presión del fluido en trabajo mecánico a través de unos elementos denominados “actuadores”, y es controlado y comandado por un sistema de válvulas (sistema de mando y control). Estos sistemas son muy versátiles, con pares elevados y facilidad de transformación de movimientos, son los sistemas que hoy en día se utilizan esencialmente, añadiéndole toda la versatilidad de los sistemas eléctricos y electrónicos combinados. Con lo que se consigue una significativa automatización de máquinas y procesos.

La primera persona en generar aire comprimido con fines tecnológicos fue el francés Denis Papin, en el año 1700, mediante un molino de agua. Este aire no tuvo una utilidad demasiado clara desde su descubrimiento hasta que George Medhurst (inventor británico) diseñó un motor que utilizaba el aire comprimido o energía neumática como combustible. Aunque este invento no tuvo demasiada trascendencia, posteriormente aparecieron dos nuevas aplicaciones para la energía neumática.

Una de estas invenciones fue el Taladro de Roca, por parte del inventor británico George Law en 1865. El Taladro de Roca de Law tuvo un papel importante en los años posteriores a su invención, ya que fue una herramienta esencial en la construcción de dos de los túneles más importantes de aquella época: el túnel ferroviario de Mont Cenis, en los Alpes, y el de Hossac, en Massachussetts.

El segundo invento se produjo tres años después del taladro de Law (1868), y consistió en el antiguo freno para trenes. Su inventor fue el estadounidense George Westinghouse.

1.3. El aire comprimido.

El aire comprimido es el fluido que utiliza la neumática, es una de las formas de energía más antiguas utilizadas por el hombre. Su utilización se remonta al Neolítico, cuando aparecieron los primeros fuelles de mano, para avivar el fuego de fundiciones o para airear minas de extracción de minerales.

Desde estas épocas hasta el siglo XVII de nuestra era, la utilización del aire a presión como energía, se realizó puntualmente para diversas máquinas y mecanismo; así tenemos la catapulta de aire comprimido del griego KTESIBIOS, o la descripción en el siglo I de nuestra era de diversos mecanismos que son accionados por aire caliente.

A partir del siglo XVII, se comienza el estudio sistemático de los gases, y con ello, comienza el desarrollo tecnológico de las diferentes aplicaciones del aire comprimido; así, en el siglo XVIII se construye el primer compresor alternativo, en el XIX, se utiliza como fuente energética para perforadoras de percusión, para sistemas de correos, para frenos de trenes, ascensores, etc.. A finales del siglo XIX, se deja de desarrollar debido a la competencia de otros tipos de energía (máquinas de vapor, motores y electricidad). A finales de la Segunda Guerra Mundial, reaparece de nuevo la utilización a gran escala del aire comprimido como fuente de energía, debido, sobre todo, a las nuevas exigencias de automatización y racionalización del trabajo en las industrias. Estando hoy en día ampliamente implantado en todo tipo de industrias.

1.3.1. Características del aire comprimido.

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

¿Cuáles son las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad?

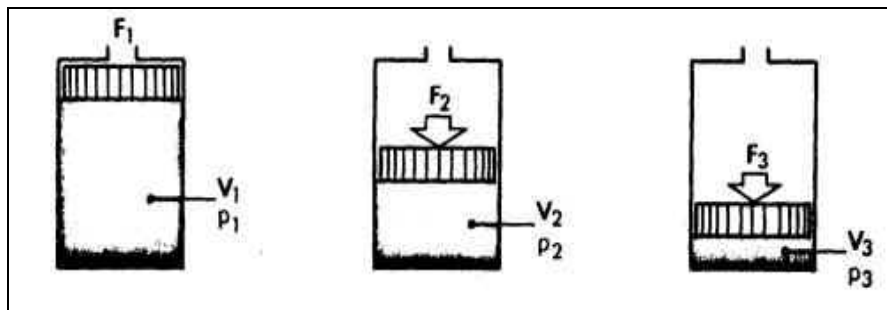
- Abundante: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
- Almacenable: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- Antideflagrante: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.
- Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

- Constitución de los elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple si, por tanto, precio económico.
- Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones.)
- A prueba de sobrecargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas. Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las propiedades adversas.
- Preparación: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bar.), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).
- Escape: El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

1.3.2. El aire es comprimible.

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión).

Figura 3. Comportamiento de un gas al ser comprimido.



Fuente: Manual INTECAP, Compresión del Aire y de los Gases. Pg. 3.

La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte. La ley de los gases perfectos enlaza íntimamente tres magnitudes: presión (p), volumen (V), y temperatura (T), que están ligadas a su vez a la compresión y expansión del aire. Para una masa dada, la presión, la temperatura, y el volumen que ocupa se relaciona por:

$$p * v = R * T$$

O

$$p * V = m * R * T$$

Siendo:

- v , el volumen específico (m^3/kg).
- m , la masa (kg).
- R , la constante del aire ($R = 286,9 \text{ J/kg}^*k$).

Cada una de las tres magnitudes puede cambiar. Se puede estudiar la evolución de dos de ellas manteniendo constante la tercera, ello da lugar a una serie de procesos importantes:

- Proceso a temperatura constante; es el estudio de la compresibilidad a temperatura constante.

$$p * V = cte$$

$$p_1 * V_1 = p_2 * V_2 = cte$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

- Proceso a presión constante; es el estudio de la dilatación a presión constante.

$$\frac{V}{T} = cte$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = cte$$

Es decir, el gas se dilata más cuando más aumenta la temperatura. Podemos definir un coeficiente de dilatación de gas, como:

$$\alpha = \frac{V_2 - V_1}{V_1 * (T_2 - T_1)} = \frac{1}{273} = cte$$

- Proceso a volumen constante; es el estudio de la variación de presión a volumen constante.

$$\frac{p}{T} = cte$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = cte$$

Podemos definir un coeficiente de dilatación a volumen constante, como:

$$\beta = \frac{p_2 - p_1}{p_1 * (T_2 - T_1)} = \frac{1}{273} = cte$$

1.4. Fundamentos físicos.

La superficie del globo terrestre está rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno aprox. 78% en volumen

Oxígeno aprox. 21% en volumen

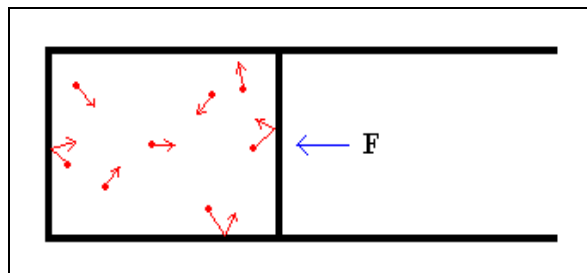
Además contiene trazas, de bióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón.

Para una mejor comprensión de las leyes y comportamiento del aire se indican en primer lugar las magnitudes físicas y su correspondencia dentro del sistema de medidas. Con el fin de establecer aquí relaciones inequívocas y claramente definidas, los científicos y técnicos de la mayoría de los países están en vísperas de acordar un sistema de medidas que sea válido para todos, denominado "Sistema internacional de medidas", o abreviado "SI".

- Presión.

Suponiendo que el gas está encerrado en un recipiente, tal como se muestra en la figura 4. El recipiente dispone de un émbolo móvil de área A . Para mantener fijo el émbolo es necesario ejercer una fuerza F , normalmente a la superficie del émbolo. El valor de la fuerza F es igual al producto de la presión ejercida por el gas por el área del émbolo.

Figura 4. Embolo móvil de área A , comprimiendo un gas por el efecto $F=P \cdot A$.



Fuente: Manual INTECAP, Compresión del Aire y de los Gases. Pg. 3.

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores. La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado.

En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar). Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso es necesario que la presión tenga un valor constante. De ésta dependen:

- La velocidad.
- Las fuerzas.
- El desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo.

- Caudal.

Por caudal se entiende, la cantidad de aire que suministra el compresor. Existen dos conceptos.

1. El caudal teórico.
2. El caudal efectivo o real

En el compresor de émbolo oscilante, el caudal teórico es igual al producto de cilindrada * velocidad de rotación. El caudal efectivo depende de la construcción del compresor y de la presión. En este caso, el rendimiento volumétrico es muy importante.

- El volumen de un gas.

El volumen de un gas, a una temperatura y presión dadas, es directamente proporcional al número de moles que contiene:

$$V = k \cdot n$$

De la fórmula anterior se puede deducir que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura y al número de moles e inversamente proporcional a la presión, entonces:

$$V = R \frac{n \cdot t}{P}$$

Donde R es la constante de proporcionalidad de los gases.

Refleja simplemente la distribución de posiciones de las moléculas que lo componen. Más exactamente, la variable macroscópica V representa el espacio disponible para el movimiento de una molécula.

1.5. Grupo de accionamiento.

1.5.1. Fuente de aire comprimido compresor.

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

La compresión se realiza con diversos propósitos, entre los cuales están los siguientes:

1. Transmisión de potencia.
2. Alimentación un proceso de combustión.
3. Transporte y distribución de gas.
4. Hacer circular un gas a través de un proceso de sistema.
5. Obtención de condiciones más favorables en una reacción química.

6. Obtención y mantenimiento de niveles de presión reducidos mediante la remoción de gases del sistema.

En el momento de la planificación es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables. Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores.

1.5.2. Métodos de compresión.

Se utilizan cuatro métodos para comprimir un gas. Dos son de Flujo Intermitente o de Desplazamiento Positivo y los otros dos son de Flujo Continuo.

Desplazamiento Positivo (Flujo Intermitente).

- Atrapar cantidades consecutivas de gas en una cámara, reducir el volumen (incrementando así la presión) y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.
- Atrapar cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y comprimir el gas por el contra flujo del sistema de descarga; finalmente, empujar el gas comprimido fuera de la cámara.

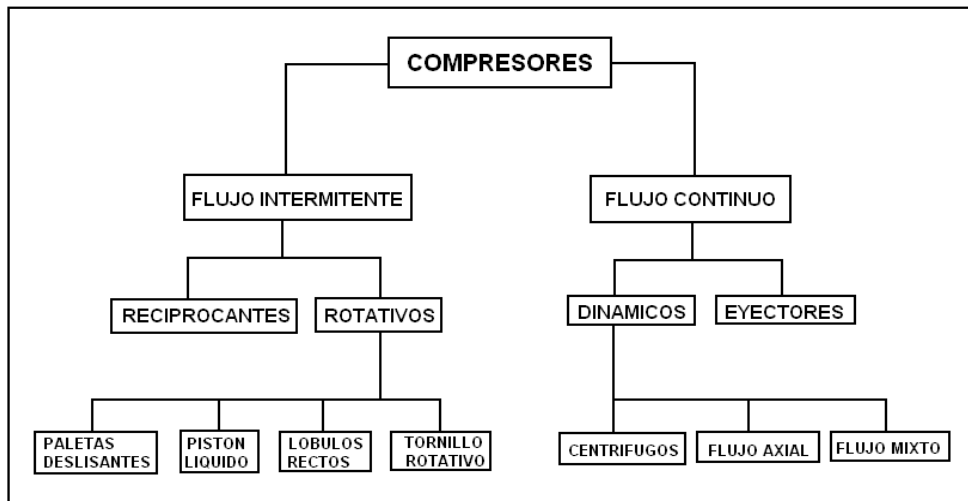
Flujo Continuo.

- Compresores Dinámicos.
 - Comprime el gas por la acción mecánica de un impulsor o rotor con paletas en rápida rotación, el cual imparte velocidad y presión al gas

que esta fluyendo (la velocidad se convierte en presión en difusores estacionarios o paletas).

- Eyectores.
 - Utilizan un chorro de gas o vapor que arrastre el gas a comprimir para luego convertir la alta velocidad de la mezcla en presión en un difusor localizado corriente abajo. Los eyectores normalmente operan con una presión de admisión inferior a la atmosférica.

Figura 5. Clasificación de compresores.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Aire Comprimido. Pg. 1.

1.5.3. Tipos de compresores.

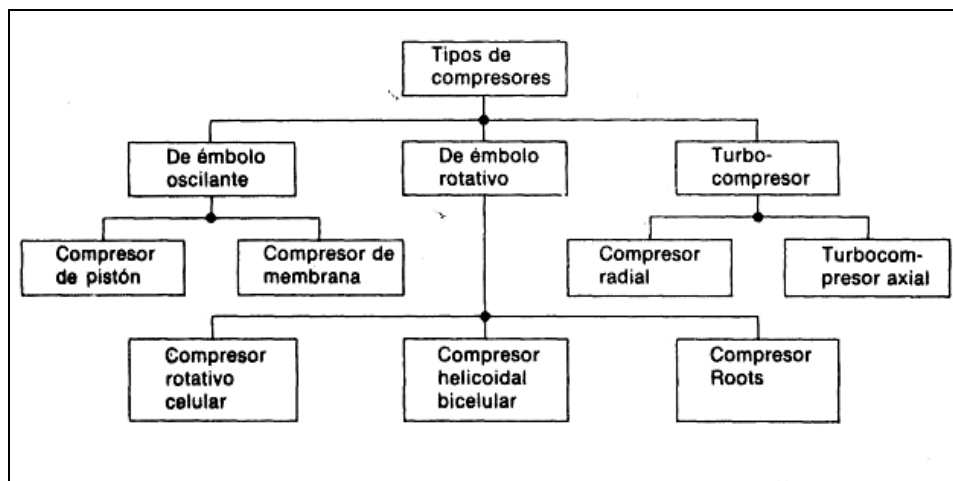
Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

Figura 6. Tipos de compresores.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Aire Comprimido. Pg. 2.

1.5.3.1. Compresores de desplazamiento positivo (flujo intermitente).

1.5.3.1.1. Compresores reciprocantes.

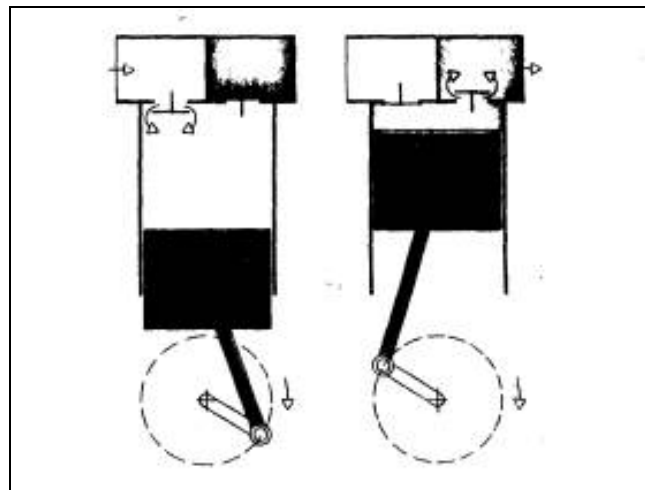
- Compresores de émbolo o de pistón.

Compresor de émbolo oscilante. Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta

presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar).

Este compresor funciona en base a un mecanismo de excéntrica que controla el movimiento alternativo de los pistones en el cilindro. Cuando el pistón hace la carrera de retroceso aumenta el volumen de la cámara por lo que aumenta el volumen de la cámara, por lo que disminuye la presión interna, esto a su vez provoca la apertura de la válvula de admisión permitiendo la entrada de aire al cilindro. Una vez que el pistón ha llegado al punto muerto inferior inicia su carrera ascendente, cerrándose la válvula de aspiración y disminuyendo el volumen disponible para el aire, esta situación origina un aumento de presión que finalmente abre la válvula de descarga permitiendo la salida del aire comprimido ya sea a una segunda etapa o bien al acumulador.

Figura 7. Compresor de émbolo oscilante.



Fuente: Robert W. Abraham, Compresores y Bombas. Pg. 7.

Es el compresor mas difundido a nivel industrial, dada su capacidad de trabajar en cualquier rango de presión. Normalmente, se fabrican de una etapa hasta presiones de 5 bar, de dos etapas para presiones de 5 a 10 bar y para presiones mayores, 3 o más etapas. Algunos fabricantes ya están usando

tecnología denominada libre de aceite, vale decir, sus compresores no utilizan aceite lo que los hace muy apetecibles para la industria químico farmacéutica y hospitales.

Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa por el primer émbolo, seguidamente se refrigera, para luego ser comprimido por el siguiente émbolo. El volumen de la segunda cámara de compresión es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema refrigeración.

Los compresores de émbolo oscilante pueden refrigerarse por aire o por agua, y según las prescripciones de trabajo; las etapas que se precisan son:

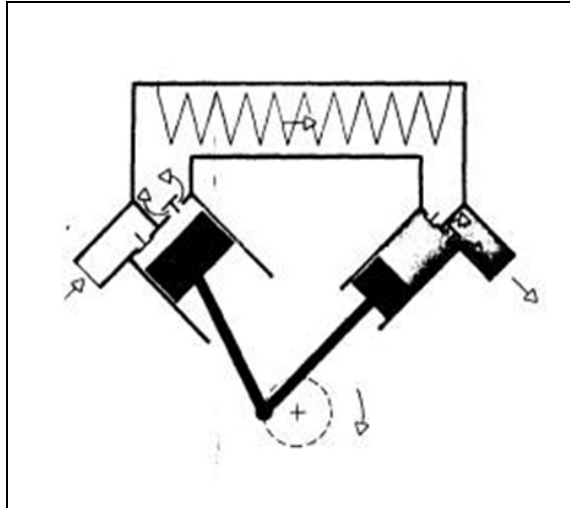
Tabla I. Prescripciones de trabajo por etapas de compresores oscilantes.

hasta	400 kPa (4 bar), 1 etapa
hasta	1.500 kPa (15 bar), 2 etapas
más de	1.500 kPa (15 bar), 3 etapas o más
No resulta siempre económico, pero también pueden utilizarse compresores	
de 1 etapa, hasta	1.200 kPa (12 bar)
de 2 etapas, hasta	3.000 kPa (30 bar)
de 3 etapas, hasta	22.000 kPa (220 bar)

- Compresor de émbolo rotativo.

Consiste en un émbolo que está animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético.

Figura 8. Compresor de émbolo rotativo de dos etapas.



Fuente: Robert W. Abraham, Compresores y Bombas. Pg. 9.

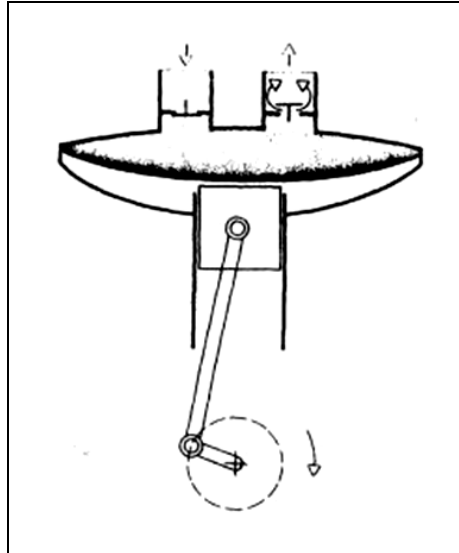
- Compresor de diafragma (membrana).

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite.

El movimiento obtenido del motor, acciona una excéntrica y por su intermedio el conjunto biela - pistón. Esta acción somete a la membrana a un vaivén de desplazamientos cortos e intermitentes que desarrolla el principio de aspiración y compresión.

Debido a que el aire no entra en contacto con elementos lubricados, el aire comprimido resulta de una mayor pureza, por lo que lo hace especialmente aplicable en industrias alimenticias, farmacéuticas, químicas y hospitales.

Figura 9. Compresor de membrana.



Fuente: Robert W. Abraham, Compresores y Bombas. Pg. 9.

1.5.3.1.2. Compresores rotativos.

- Compresor de paletas deslizantes.

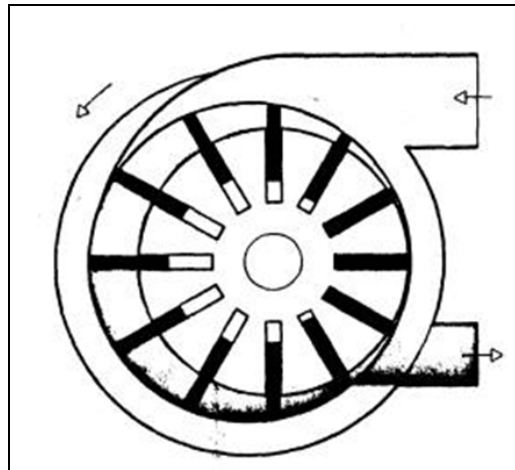
Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas.

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente.

Tiene la ventaja de generar grandes cantidades de aire pero con vestigios de aceite, por lo que en aquellas empresas en que no es

indispensable la esterilidad presta un gran servicio, al mismo tiempo el aceite pulverizado en el aire lubrica las válvulas y elementos de control y potencia.

Figura 10.- Compresor rotativo multicelular.



Fuente: Robert W. Abraham, Compresores y Bombas. Pg. 12.

- Compresor de pistón líquido.

El compresor de pistón líquido o de anillo líquido utiliza un rotor con paletas curvadas hacia delante alrededor de un cuerpo central que tiene aberturas de admisión y descarga; las paletas actúan sobre el anillo líquido atrapado en el interior de una carcasa elíptica.

Una cierta cantidad de líquido está atrapado entre las paletas adyacentes y a medida que el rotor gira, la cara del líquido se mueve hacia dentro y hacia fuera de este espacio debido a la forma de la carcasa. El principio de operación es similar al compresor de paletas deslizantes, con la diferencia de que, en este caso, son las paredes del líquido (y no las paletas) las que se mueven y hacen que el volumen de las cámaras que se forman entre dos paletas consecutivas disminuya al pasar de la abertura de admisión a la descarga.

El líquido en movimiento recíprocante ejerce un efecto de pistón sobre el aire atrapado en las cámaras. Las aberturas de admisión y de descarga localizadas en el centro son fijas (no hay válvulas) y en cada revolución se completan dos ciclos de compresión en cada cámara del compresor.

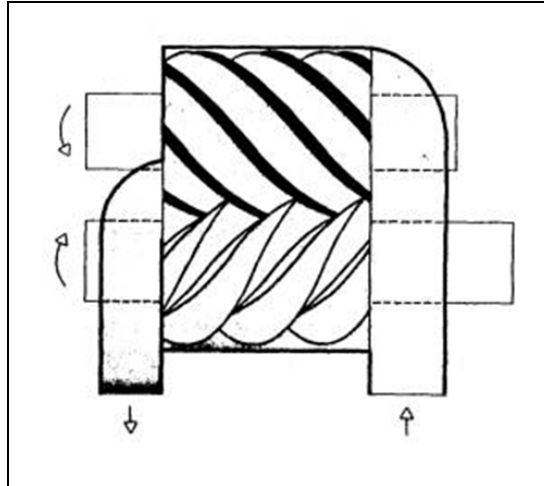
El enfriamiento de los compresores de anillo líquido, se hace directamente en la frontera física entre el gas y el líquido que comprimen en lugar de hacerse a través de las paredes de la carcasa, debido al contacto íntimo entre el líquido y el gas, la temperatura de admisión de líquido; sin embargo, el gas descargado queda saturado a la temperatura de descarga debido a lo cual la mezcla descargada generalmente es pasada a través de un separador convencional o de tipo centrífugo para remover el exceso de líquido. La cantidad de líquido que puede pasar a través del compresor no es crítica; la unidad no sufrirá daños si una gran cantidad de líquido inadvertida, o intencionalmente, entra a la succión.

- Compresor de tornillo rotativo.

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. Los tornillos del tipo helicoidal engranan con sus perfiles y de ese modo se logra reducir el espacio de que dispone el aire. Esta situación genera un aumento de la presión interna del aire y además por la rotación y el sentido de las hélices es impulsado hacia el extremo opuesto.

Los ciclos se traslapan, con lo cual se logra un flujo continuo. A fin de evitar el desgaste de los tornillos, estos no se tocan entre sí, ni tampoco con la carcasa, lo cual obliga a utilizar un mecanismo de transmisión externo que permita sincronizar el movimiento de ambos elementos.

Figura 11. Compresor de tornillo helicoidal.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Compresores de Aire. Pg. 7.

Entrega caudales y presiones medios altos (600 a 40000m³/h y 25 bar.) pero menos presencia de aceite que el de paletas. Ampliamente utilizado en la industria de la madera, por su limpieza y capacidad.

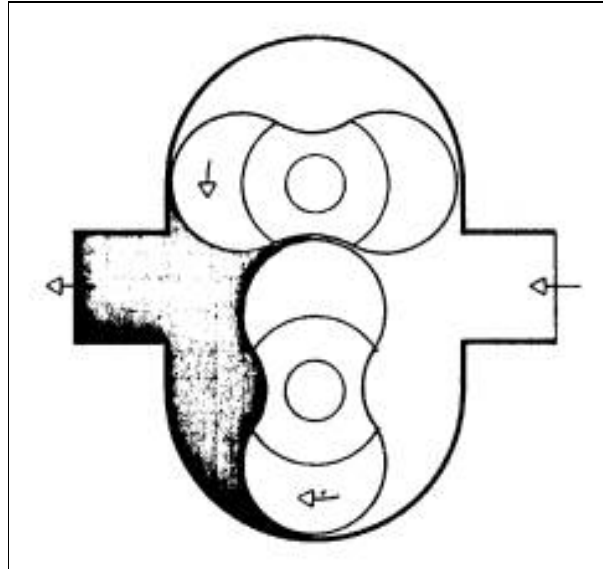
- Compresor de lóbulos rectos (Roots).

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos.

Como ventaja presenta el hecho que puede proporcionar un gran caudal, lo que lo hace especial para empresas que requieren soplar, mover gran cantidad de aire, su uso es muy limitado.

El accionamiento también se asegura exteriormente, ya que por la forma de los elementos y la acción del roce no es conveniente que los émbolos entren en contacto.

Figura 12. Compresor Roots.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Compresores de Aire. Pg. 5.

1.5.3.2. Compresores de flujo continuo.

1.5.3.2.1. Compresores dinámicos.

- Turbocompresores.

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

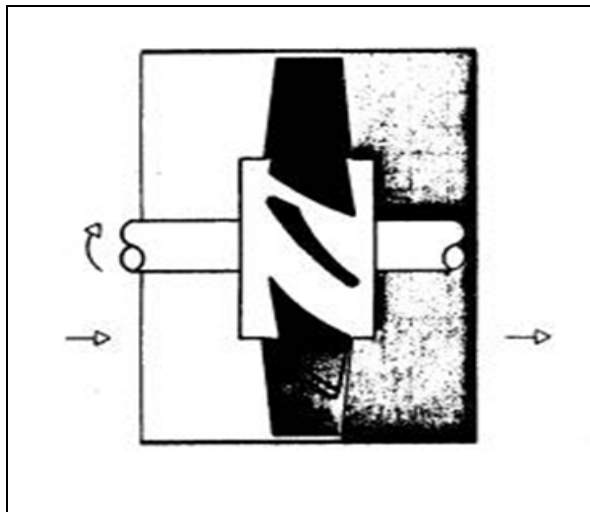
- Compresor axial.

El proceso de obtener un aumento de la energía de presión a la salida del compresor se logra de la siguiente manera. La rotación acelera el fluido en el sentido axial comunicándole de esta forma una gran cantidad de energía cinética a la salida del compresor, y por la forma constructiva, se le ofrece al aire un mayor espacio de modo que obligan a una reducción de la velocidad.

Esta reducción se traduce en una disminución de la energía cinética, lo que se justifica por haberse transformado en energía de presión.

Con este tipo de compresor se pueden lograr grandes caudales (200.000 a 500.000 m³/h) con flujo uniforme pero a presiones relativamente bajas (5 bar). La rotación de los alabes acelera el aire en sentido axial de flujo.

Figura 13. Compresor de flujo axial.



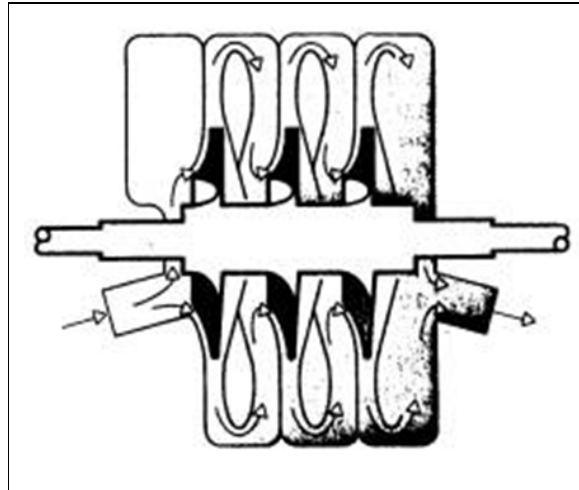
Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Compresores de Aire. Pg. 10.

- Compresor radial.

En este caso, el aumento de presión del aire se obtiene utilizando el mismo principio anterior, con la diferencia de que en este caso el fluido es impulsado una o más veces en el sentido radial. Por efecto de la rotación, los álabes comunican energía cinética y lo dirigen radialmente hacia fuera, hasta encontrarse con la pared o carcasa que lo retorna al centro, cambiando su dirección. En esta parte del proceso el aire dispone de un mayor espacio disminuyendo por tanto la velocidad y la energía cinética, lo que se traduce en la transformación de presión. Este proceso se realiza tres veces en el caso de

la figura, por lo cual el compresor es de tres etapas. Se logran grandes caudales pero a presiones también bajas. El flujo obtenido es uniforme.

Figura 14. Compresor de flujo radial.



Fuente: Manual del Profesional del Aire Comprimido, Compresores de Aire. Pg. 11.

Aceleración progresiva de cámara a cámara en sentido radial hacia afuera; el aire en circulación regresa de nuevo al eje. Desde aquí se vuelve a acelerar hacia afuera.

- Compresor de flujo mixto.

Entre los dos diseños anteriores se encuentra el compresor dinámico de flujo mixto, el cual combina características de diseño del compresor Radial y el compresor Axial. Sus características únicas de flujo hacen de este compresor el equipo ideal para aplicaciones de baja presión.

El impulsor de flujo mixto puede manejar entre dos y tres veces el flujo que manejaría el impulsor de un compresor Radial con igual diámetro.

1.5.3.2.2. Eyectores.

Un eyector está constituido por una boquilla que descarga un chorro de vapor o gas a una presión relativamente alta y a una gran velocidad a través de una cámara de succión en un difusor con forma de ventura. El gas cuya presión se va a incrementar, es arrastrado por el chorro en la cámara de succión. La mezcla en este punto tiene alta velocidad y esta a la presión del gas inducido. La compresión tiene alta velocidad y esta a la presión del gas inducido. La compresión tiene lugar a medida que la energía de velocidad se transforma en presión dentro del difusor ubicado al final de la unidad.

Los eyectores son usados principalmente para llevar un gas de presiones por debajo de la atmosférica (vacío) a presiones de descarga cercanas a la atmosférica; los eyectores, sin embargo, pueden efectuar la compresión desde una presión de admisión de aire cercana a la atmosférica a un nivel de presión un poco más alto, en cuyo caso son conocidos como compresores térmicos. A pesar de que los principios de operación son idénticos para ambos tipos, las velocidades y otras características de operación varían entre uno y otro.

Los eyectores no tienen partes móviles. Pueden manejar arrastre de líquido sin daño físico; sin embargo, no es recomendable su exposición de líquido.

1.5.4. Válvulas generalidades.

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo, Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos e hidráulicos lo constituyen:

- Elementos de información.
- Órganos de mando.
- Elementos de trabajo.

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido o aceite. En los principios del automatismo, los elementos reseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizaban elementos de comando por émbolo neumático (servo).

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos y electro-neumáticos que efectúan en casi su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La gran evolución de la neumática y la hidráulica ha hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza neumáticamente o hidráulicamente y otras nos obliga a recurrir a la electricidad por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas. Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido.

- Regular caudal.
- Regular presión.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por un compresor neumático o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (Comité Européen des Transmissions Oiéohydrauliques et Pneumatiques). Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

- Válvulas de vías o distribuidoras.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre.

1.5.4.1. Válvulas distribuidoras.

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop). Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc.

Pueden ser de dos, tres, cuatro y cinco vías correspondiente a las zonas de trabajo y, a la aplicación de cada una de ellas, estará en función de las operaciones a realizar.

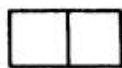
Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función. Hay que distinguir, principalmente:

1. Las vías, número de orificios correspondientes a la parte de trabajo.
2. Las posiciones, las que puede adoptar el distribuidor para dirigir el flujo por una u otra vía, según necesidades de trabajo.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.



La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.



El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas.



Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.

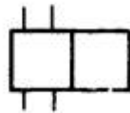


Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.

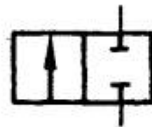


La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto.

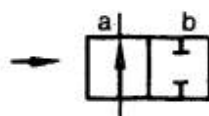
Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.



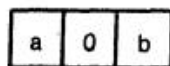
La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.



Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c... y 0.



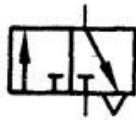
Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.



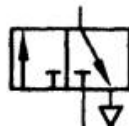
Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, p. ej., un muelle, aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está conectada. La posición inicial es la que tienen las piezas móviles de la válvula después del montaje de ésta,

establecimiento de la presión y, en caso dado conexión de la tensión eléctrica.
Es la posición por medio de la cual comienza el programa preestablecido.

Conductos de escape sin empalme de tubo (aire evacuado a la atmósfera).
Triángulo directamente junto al símbolo.



Conductos de escape con empalme de tubo (aire evacuado a un punto de reunión). Triángulo ligeramente separado del símbolo.



Para evitar errores durante el montaje, los empalmes se identifican por medio de letras mayúsculas:

- Tuberías o conductos de trabajo A, B, C.
- Empalme de energía P.
- Salida de escape R, S, T.
- Tuberías o conductos de pilotaje Z, Y, X.

1.5.5. Unidad de mantenimiento.

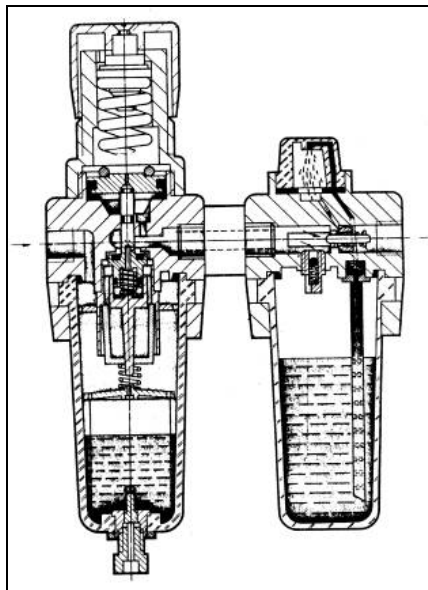
La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido.
- Regulador de presión.
- Lubricador de aire comprimido.

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

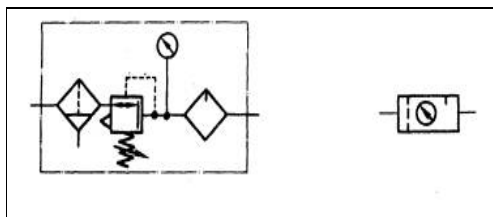
1. El caudal total de aire en m³/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
2. La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 C (valores máximos para recipiente de plástico).

Figura 15. Unidad de mantenimiento.



Fuente: Manual FESTO, Gripe de Accionamiento. Pg. 142.

Figura 16. Símbolo de la unidad de mantenimiento.



Fuente: Manual FESTO, Gripe de Accionamiento. Pg. 142.

1.5.5.1. Conservación de la unidad de mantenimiento.

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación:

- a) Filtro de aire comprimido: Debe examinarse periódicamente el nivel del agua condensada, porque no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Asimismo debe limpiarse el cartucho filtrante.
- b) Regulador de presión: Cuando está precedido de un filtro, no requiere ningún mantenimiento.
- c) Lubricador de aire comprimido: Verificar el nivel de aceite en la mirilla y, si es necesario, suplirlo hasta el nivel permitido. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con tricloroetileno. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales.

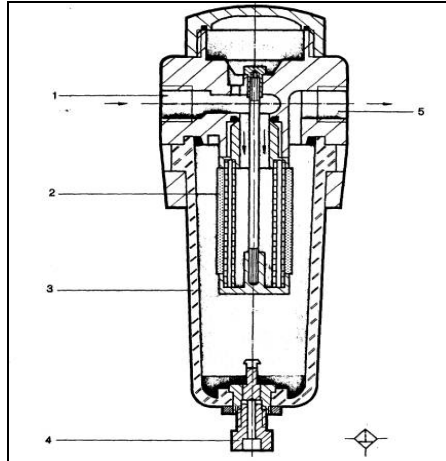
1.5.5.2. Filtros de aire.

- Filtro finísimo de aire comprimido.

Este filtro se emplea en aquellos ramos en que se necesita aire filtrado finísimamente (p. ej., en las industrias alimenticias, químicas y farmacéuticas, en la técnica de procedimientos y en sistemas que trabajan con módulos de baja presión). Elimina del aire comprimido, casi sin restos, las partículas de agua y aceite. El aire comprimido se filtra hasta un 99,999% (referido a 0,01 micrón).

- Funcionamiento: Este filtro se diferencia del filtro normal en el hecho de que el aire comprimido atraviesa el cartucho filtrante de dentro hacia afuera.

Figura 17. Filtro finísimo de aire comprimido.



Fuente: Manual FESTO, Gripo de Accionamiento. Pg. 144.

El aire comprimido entra en el filtro por (1), y atraviesa el elemento filtrante (2) (fibras de vidrio boro silicato de dentro hacia afuera). El aire comprimido limpio pasa por la salida (5) a los consumidores. La separación de partículas finísimas hasta 0,01 micrón es posible debido a la finura extraordinaria del tejido filtrante. Las partículas separadas se eliminan del recipiente del filtro, por el tornillo de purga (4).

Para que las partículas de agua y aceite no puedan ser arrastradas por el aire que circula, deben observarse los valores de flujo. Al montarlo hay que tener presente lo siguiente: El prefiltrado aumenta la duración del cartucho filtrante; el filtro ha de montarse en posición vertical, prestando atención al sentido de flujo (flecha).

- Filtro de aire comprimido con regulador de presión.

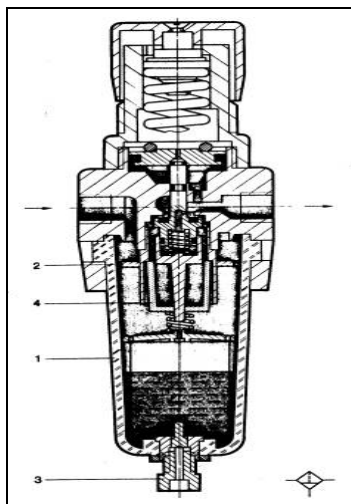
El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. En los procesos de automatización neumática se tiende cada vez a miniaturizar los elementos (problemas de espacio),

fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga mas importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización. El filtro tiene por misión:

- Detener las partículas sólidas.
- Eliminar el agua condensada en el aire.

Para entrar en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente. En el filtro sintetizado (4) [ancho medio de poros, 40 mm] sigue la depuración del aire comprimido. Dicho filtro (4) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de ensuciamiento del aire comprimido. El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores.

Figura 18. Filtro de aire comprimido con regulador de presión.



Fuente: Manual FESTO, Grupo de Accionamiento. Pg. 145.

Los filtros se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes accionados manualmente, semiautomática o automáticamente. Los depósitos deben construirse de material irrompible y transparente. Generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente. Generalmente trabajan siguiendo el siguiente proceso: El aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma.

La pantalla separadora evita que con las turbulencias del aire retornen las condensaciones. El aire continúa su trayecto hacia la línea pasando a través del elemento filtrante que retiene las impurezas sólidas. Al abrir el grifo son expulsadas al exterior las partículas líquidas y sólidas en suspensión.

El agua no debe pasar del nivel marcado que normalmente traen los elementos, puesto que en la zona turbulenta el agua sería de nuevo arrastrada por el aire. La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

1.5.5.3. Reguladores de presión.

- Regulador de presión con orificio de escape.

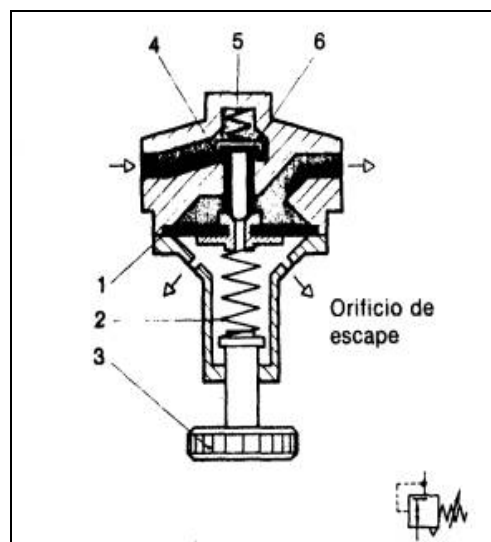
El regulador tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. Es regulada por la membrana (1),

que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo, y por el otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3).

A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo. En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula.

Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste, pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro. Cuando la presión secundaria aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle. Entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.

Figura 19. Regulador de presión con orificio de escape.



Fuente: Manual FESTO, Gripo de Accionamiento. Pg. 146.

- Regulator de presión sin orificio de escape.

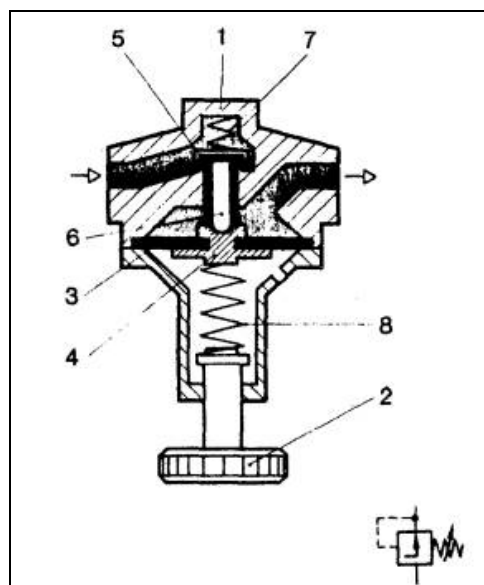
En el comercio se encuentran válvulas de regulación de presión sin orificio de escape. Con estas válvulas no es posible evacuar el aire comprimido que se encuentra en las tuberías.

- Funcionamiento:

Por medio del tornillo de ajuste (2) se pretensa el muelle (8) solidario a la membrana (3). Según el ajuste del muelle (8), se abre más o menos el paso del lado primario al secundario. El vástago (6) con la membrana (5) se separa más o menos del asiento de junta.

Si no se toma aire comprimido del lado secundario, la presión aumenta y empuja la membrana (3) venciendo la fuerza del muelle (8). El muelle (7) empuja el vástago hacia abajo, y en el asiento se cierra el paso de aire. Sólo después de haber tomado aire del lado secundario, puede afluir de nuevo aire comprimido del lado primario.

Figura 20. Regulator de presión sin orificio de escape.



Fuente: Manual FESTO, Gripo de Accionamiento. Pg. 146.

1.5.5.4. Lubricador de aire comprimido.

El lubricador tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión.

Son aparatos que regulan y controlan la mezcla de aire-aceite. Los aceites que se emplean deben:

- Muy fluidos.
- Contener aditivos antioxidantes.
- Contener aditivos antiespumantes.
- No perjudicar los materiales de las juntas.
- Tener una viscosidad poco variable trabajando entre 20 y 50° C.
- No pueden emplearse aceites vegetales (Forman espuma).

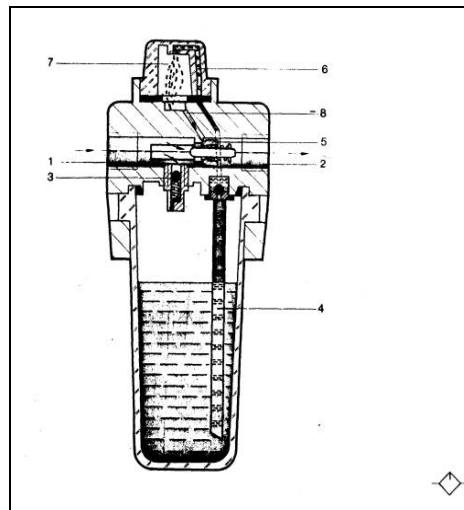
Los lubricadores trabajan generalmente según el principio "Venturi". La diferencia de presión A_p (caída de presión) entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de ésta se emplea para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire.

El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito.

El aire comprimido atraviesa el aceitador desde la entrada (1) hasta la salida (2). Por el estrechamiento de sección en la válvula (5), se produce una caída de presión. En el canal (8) y en la cámara de goteo (7) se produce una depresión (efecto de succión). A través del canal (6) y del tubo elevador (4) se aspiran gotas de aceite. Estas llegan, a través de la cámara de goteo (7) y del

canal (8) hasta el aire comprimido, que afluye hacia la salida (2). Las gotas de aceite son pulverizadas por el aire comprimido y llegan en este estado hasta el consumidor.

Figura 21. Lubricador de aire comprimido.



Fuente: Manual FESTO, Gripo de Accionamiento. Pg. 148.

La sección de flujo varía según la cantidad de aire que pasa y varía la caída de presión, o sea, varía la cantidad de aceite. En la parte superior del tubo elevador (4) se puede realizar otro ajuste de la cantidad de aceite, por medio de un tornillo. Una determinada cantidad de aceite ejerce presión sobre el aceite que le encuentra en el depósito, a través de la válvula de retención (3).

1.6. Secadores.

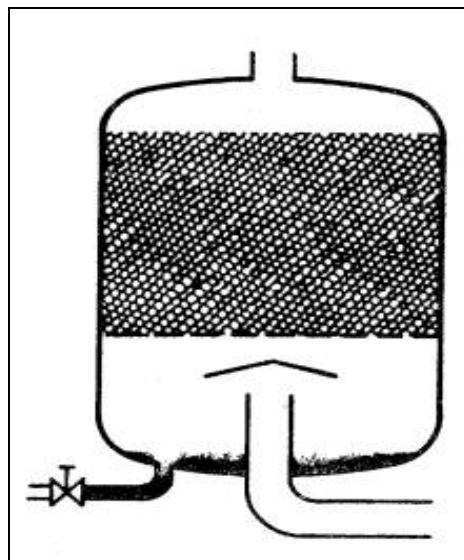
- Secado por absorción.

El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes. En cuanto el agua o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia

secante. Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor. Ello se puede realizar manual o automáticamente.

Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año). Al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite. No obstante, las cantidades de aceite, si son grandes, influyen en el funcionamiento del secador. Por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

Figura 22. Secado por absorción.



Fuente: Manual FESTO, Secadores. Pg. 151.

El procedimiento de absorción se distingue:

- Instalación simple.
- Reducido desgaste mecánico, porque el secador no tiene piezas móviles.
- No necesita aportación de energía exterior.

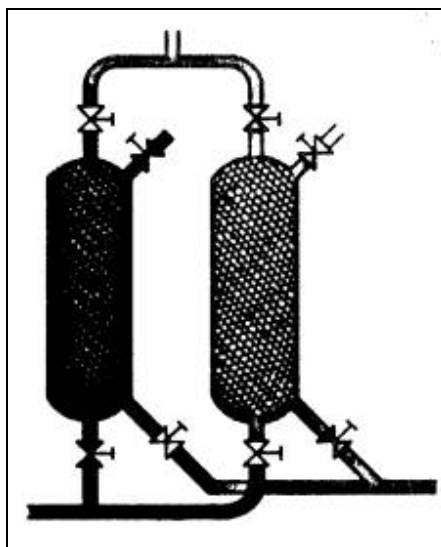
- Secado por adsorción.

Este principio se basa en un proceso físico. (Adsorber: Depósito de sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos). El material de secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas. Se compone de casi un 100% de dióxido de silicio. En general se le da el nombre de gel.

La misión del gel consiste en adsorber el agua y el vapor de agua. El aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel, que fija la humedad. La capacidad adsorbente de un lecho de gel es naturalmente limitada. Si está saturado, se regenera de forma simple. A través del secador se sopla aire caliente, que absorbe la humedad del material de secado.

El calor necesario para la regeneración puede aplicarse por medio de corriente eléctrica o también con aire comprimido caliente. Disponiendo en paralelo dos secadores, se puede emplear uno para el secado del aire, mientras el otro es regenera (soplándolo con aire caliente).

Figura 23. Secado por adsorción.



Fuente: Manual FESTO, Secadores. Pg. 152.

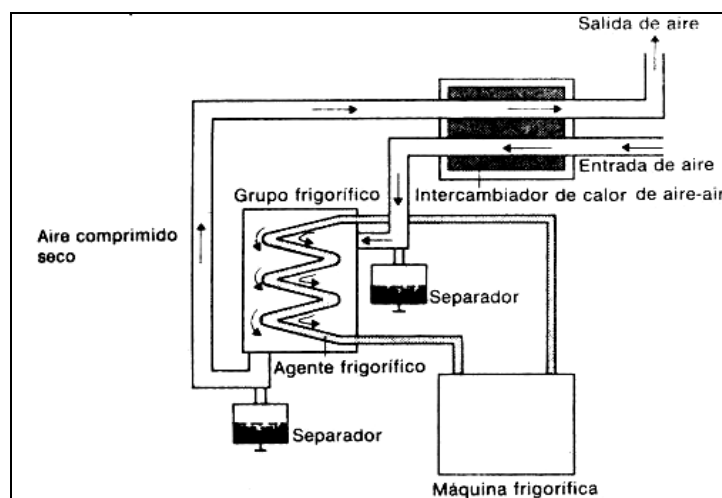
- Secado por enfriamiento.

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío. Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire-aire.

El aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor (vaporizador). El condensado de aceite y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador.

Este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico (vaporizador) y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7 K (1,7 °C) En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceite condensados. Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.

Figura 24. Secado por enfriamiento.



Fuente: Manual FESTO, Secadores. Pg. 154.

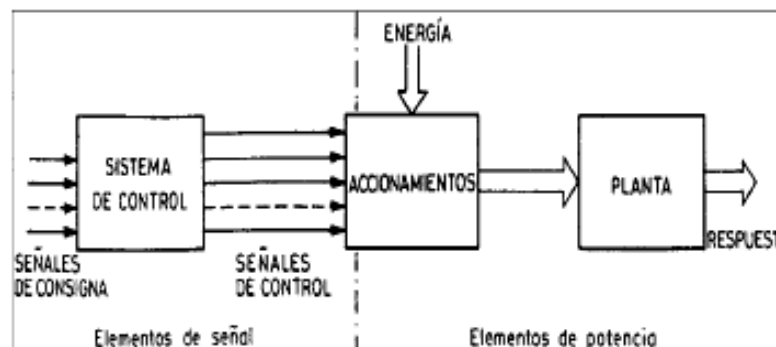
1.7. Definición de un PLC o autómeta.

1.7.1. Sistemas de control.

El objetivo de un sistema de control es el de gobernar la respuesta de una planta, sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida. Dicho operador manipula únicamente las magnitudes denominadas de consigna y el sistema de control se encarga de gobernar dicha salida a través de los accionamientos.

El concepto lleva de alguna forma implícito que el sistema de control opera, en general, con magnitudes, de baja potencia, llamadas generalmente señales, y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada a la planta.

Figura 25. Sistema de control.



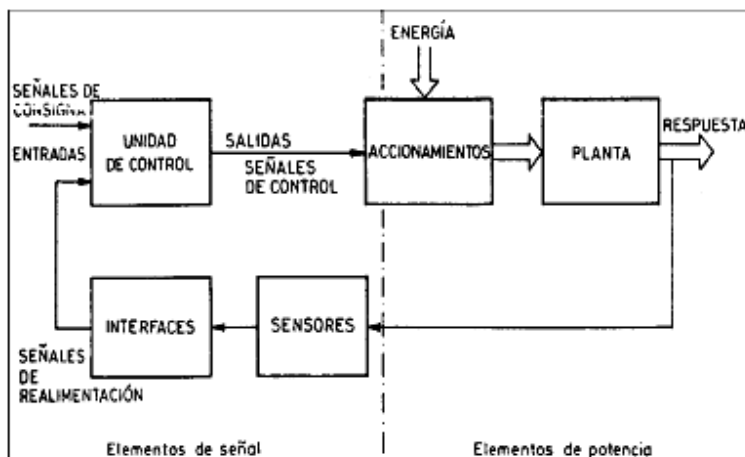
Fuente: Manual INTECAP, Sistemas de Control. Pg. 2.

Según la definición anterior, el conjunto de sistema de control y accionamientos se limitaría a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las órdenes dadas, a través de las magnitudes de consigna, Este tipo

de sistema de control se denomina en lazo abierto, por el hecho que no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta.

Lo habitual, sin embargo, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones, ante determinados comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas automáticos de control. Para ello se requiere la existencia de sensores que detecten el comportamiento de dicha planta y de Interfaces para adaptar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control.

Figura 26. Sistema de control de lazo cerrado.



Fuente: Manual INTECAP, Sistemas de Control. Pg. 3.

Este tipo de sistemas se denominan en lazo cerrado, ya que su diagrama muestra claramente una estructura con una cadena directa y un retorno o realimentación, formando un lazo de control. Así pues, en el caso más general, podremos dividir el sistema de control en los siguientes bloques:

- Unidad de control.
- Accionamientos.
- Sensores.

- Interfaces.

Al conjunto de señales de consigna y de realimentación que entra a la unidad de control se les denomina genéricamente entradas y al conjunto de señales de control obtenidas salidas.

1.7.1.1. Automatismos analógicos y digitales.

Según la naturaleza de las señales que intervienen en el proceso, los sistemas de control pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Sistemas analógicos.
- Sistemas digitales.
- Sistemas híbridos analógico-digitales.

Los sistemas analógicos trabajan con señales de tipo continuo, con un margen de variación determinado. Dichas señales suelen representar magnitudes físicas del proceso, tales como presión, temperatura, velocidad, etc., mediante una tensión o corriente proporcionales a su valor (0 a 10 V, 4 a 20 mA, etc.).

Los sistemas digitales, en cambio, trabajan con señales del tipo todo o nada, llamadas también binarias, que sólo pueden presentar dos estados o niveles: abierto o cerrado, conduce o no conduce, mayor o menor, etc. Estos niveles o estados se suelen representar mediante variables lógicas o bits, cuyo valor puede ser sólo 1 ó 0, empleando la notación binaria del álgebra de Boole.

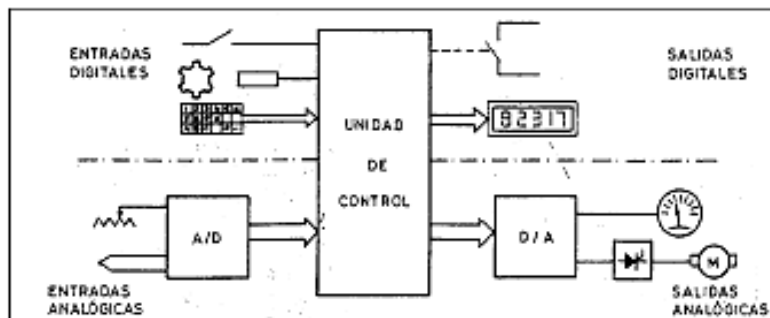
Los sistemas de control actuales con un cierto grado de complejidad, y en particular los autómatas programables son casi siempre híbridos, es decir, sistemas que procesan a la vez, señales analógicas y digitales. No obstante, se

tiende a que la unidad de control sea totalmente digital y basada en un microprocesador, que aporta la capacidad de cálculo necesaria, para tratar las señales todo o nada en forma de bits y las señales analógicas numéricamente.

Dado que muchos de los sensores regularmente empleados utilizan señales de tipo analógico, las interfaces de estas señales deben realizar una conversión analógico-numérica, llamada habitualmente conversión analógico-digital (A/D), para que puedan ser tratadas por la unidad de control.

Puede ser necesario también disponer de señales analógicas de salida, para ciertos indicadores o para control de ciertos servosistemas externos. En tal caso, el sistema de control debe disponer también de interfaces para la conversión digital-analógica (D/A), capaces de suministrar dichas señales a partir de los valores numéricos obtenidos por la unidad de control.

Figura 27. Señales de entrada y salida de la unidad de control.



Fuente: Manual INTECAP, Sistemas de Control. Pg. 11.

La figura 26 muestra la estructura de la unidad de control, resaltando las interfaces necesarias para el tratamiento de las señales de entrada y salida, comúnmente empleadas en controles industriales.

1.7.1.2. Automatismos cableados y programables.

Una de las claves del éxito de los autómatas programables frente a los equipos de relés o incluso frente a equipos contruidos a base de circuitos integrados, ha sido la posibilidad de realizar funciones muy diversas con un mismo equipo (hardware estándar), cambiando únicamente un programa (software). Atendiendo a este criterio los sistemas de control se clasifican en dos grandes grupos:

- Sistemas cableados (poco adaptables).
- Sistemas programables (muy adaptables).

Los primeros realizan una función de control fija, que depende de los componentes que lo forman y de la forma en la que se han interconectado. Por tanto, la única forma de alterar la función de control es modificando sus componentes o la forma de interconectarlos.

Tabla II. Comparación entre sistemas cableados y sistemas programables.

CARACTERÍSTICA	SISTEMA CABLEADO	AUTÓMATA PROGRAMABLE
Flexibilidad de adaptación al proceso	Baja	Alta
Hardware estándar para distintas aplicaciones	No	Sí
Posibilidades de ampliación	Bajas	Altas
Interconexiones y cableado exterior	Mucho	Poco
Tiempo de desarrollo del proyecto	Largo	Corto
Posibilidades de modificación	Difícil	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Fácil
Herramientas para prueba	No	Sí
Stocks de mantenimiento	Medios	Bajos
Modificaciones sin parar el proceso («on line»)	No	Sí
Coste para pequeñas series	Alto	Bajo
Estructuración en bloques independientes	Difícil	Fácil

Los sistemas programables en cambio pueden realizar distintas funciones de control sin alterar su configuración física, sólo cambiando el programa de control.

Tratándose aquí de un texto sobre autómatas programables, estas definiciones deben matizarse algo más, puesto que, estrictamente hablando, cualquier equipo basado en un microprocesador es en principio programable, pero para ello se requiere personal altamente especializado y equipos de desarrollo de cierta complejidad.

En definitiva, del atributo programable se beneficia en este caso el fabricante del equipo, para el cual supone que con un hardware estándar puede variar dentro de ciertos límites, la función del equipo; pero normalmente no está en la mano del usuario el poder alterar sus funciones, por lo que para este último el equipo es «de programa fijo» o «adaptado a medida».

En el autómata, el atributo programable hay que interpretarlo como Programable por el usuario, con lo cual éste obtiene los beneficios de un equipo multifunción con un hardware fijo. La base sigue siendo un equipo con un microprocesador, al cual se ha incorporado un programa intérprete, capaz de alterar la función de transferencia salida/entrada en razón de un programa de usuario.

En realidad, se podría decir que esta es la característica más relevante, que distingue al autómata programable de otros dispositivos o sistemas programables.

Tabla III. Comparación entre sistemas lógicos a medida y sistemas programables por el usuario.

CARACTERÍSTICA	SISTEMA DE RELÉS	LÓGICA A MEDIDA	AUTÓMATA PROGRAMABLE
Volumen	Alto	Bajo	Bajo
Consumo	Alto	Bajo	Bajo
Velocidad	Baja	Alta	Media
Interconexión de varios procesos	Difícil	Difícil	Fácil
Desgaste	Alto	Bajo	Bajo
Robustez	Alta	Baja	Baja
Ampliación	Difícil	Muy difícil	Fácil
Flexibilidad	Poca	Nula	Alta
Coste por variable interna	Alto	Medio	Bajo
Coste para E/S > 15 :			
Pequeñas series	Alto	Medio	Bajo
Grandes series	Alto	Bajo	Medio
Personal de mantenimiento especializado	Poco	Mucho	Medio
Stocks de mantenimiento	Bajos	Altos	Medios
F Lógica combinatorial	Sí	Sí	Sí
U Lógica secuencial	Limitada	Sí	Sí
N Instrucciones aritméticas	No	Sí	Sí
C Reguladores	No	Sí	Sí
I Textos	No	Sí	Sí
O Gráficos	No	Sí	Sí
N Comunicaciones	No	Sí	Sí
E Toma decisiones	Bajo nivel	Sí	Sí
S Software estándar	No	No	Sí

1.7.2. Estructura del autómata.

1.7.2.1. El autómata programable.

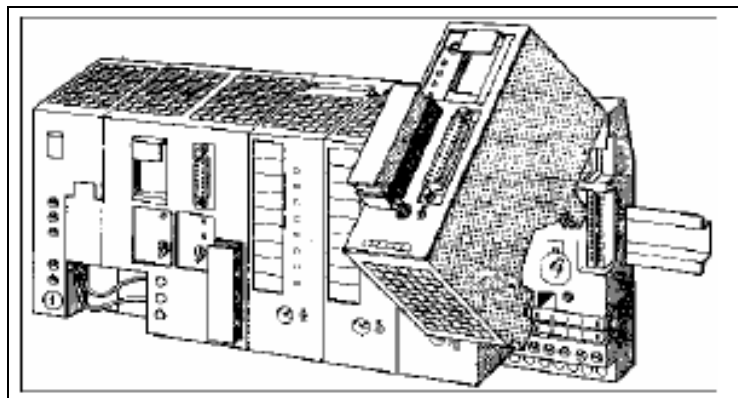
Desde el punto de vista de su papel dentro del sistema de control, se ha dicho que el autómata programable es la unidad de control, incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso. Por otro lado, se trata de un sistema con un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente industriales, transductores y periféricos electrónicos) y programable por el usuario.

Al conjunto de señales de consigna y de realimentación que entran en el autómata se les denomina genéricamente, entradas, y al conjunto de señales de control obtenidas, salidas, pudiendo ser ambas analógicas o digitales.

El concepto de hardware estándar que se viene indicando para el autómata, se complementa con el de modularidad, entendiendo como tal el hecho de que este hardware está fragmentado en partes interconectables que permiten configurar un sistema a la medida de las necesidades.

Así pues, se encuentran autómatas compactos que incluyen una unidad de control y un mínimo de entradas y salidas y luego tienen previstas una serie de unidades de expansión que les permiten llegar hasta 256 entradas/salidas digitales.

Figura 28. Autómata programable de tipo modular.



Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 1.

Para aplicaciones más complejas se dispone de autómatas montados en rack, con posibilidad hasta unas 1024 entradas/salidas controladas por una única unidad central (CPU).

Existe también la posibilidad, en autómatas grandes, de elección entre varios tipos de CPU's, adaptados a la tarea que deba realizarse o incluso de múltiples CPU's trabajando en paralelo en tareas distintas.

Tabla IV. Características de los autómatas atendiendo a su modularidad.

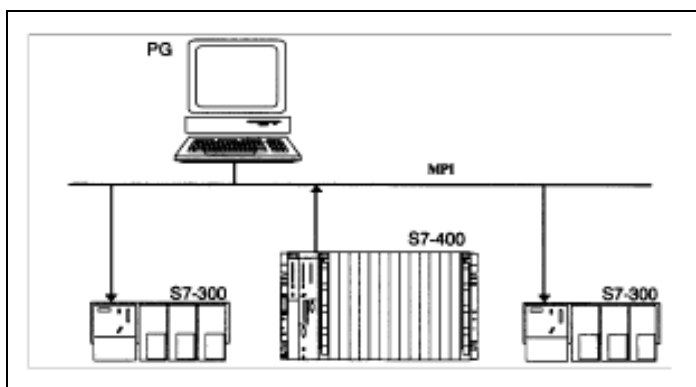
AUTÓMATAS	COMPACTOS	MODULARES	
		CPU ÚNICA	VARIAS CPU
NÚMERO DE CPU	1 Central	1 Central	1 Central + x Dedicadas
Nº ENTRADAS/SALIDAS	8 a 256	128 a 1024	> 1024
JUEGO INSTRUCCIONES	< 100	< 100	> 100
PASOS DE PROGRAMA	< 2000	< 2000	2000 a 40.000
UNIDADES EXPANSIÓN	Digitales + Analógicas	Digitales + Analógicas	Digitales + Analógicas + Reguladores
FUNCIÓN EN RED	Esclavo	Esclavo	Maestro o Esclavo

La tabla IV resume a grandes rasgos las características de los autómatas actuales desde el punto de vista de modularidad.

Así, las posibilidades de elección, tanto en capacidad de proceso como en número de entradas/salidas, son muy amplias y esto permite afirmar que se dispone siempre de un hardware estándar adaptado a cualquier necesidad.

Esta adaptabilidad ha progresado últimamente hacia el concepto de inteligencia distribuida, gracias a las comunicaciones entre autómatas y redes autómatas-ordenador. Esta técnica sustituye el gran autómata, con muchas entradas/salidas controladas por una única CPU, por varios autómatas, con un número menor de E/S, conectados en red y controlando cada punto o sección de una planta bajo el control de una CPU central.

Figura 29. Red de autómatas.



Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 9.

1.7.2.2. Estructura del PLC.

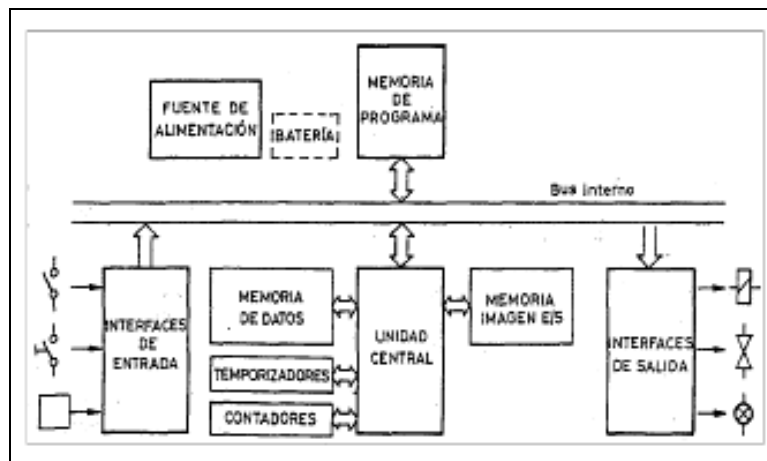
Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un equipo electrónico de control, con una estructura interna (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software), que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión del autómatas.

Las señales de entrada pueden proceder de elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corriente continuas.

Las señales de salida son órdenes digitales o analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, como lámparas, contactores, válvulas, etc. El autómatas gobierna las señales de salida según el programa de control, previamente almacenado en una memoria, a partir del estado de las señales de entrada.

El PLC se configura alrededor de una unidad central o de control, que unida por medio de buses internos a las interfaces de entrada y salida y a las memorias, define lo que se conoce como arquitectura interna del autómatas.

Figura 30. Diagrama de bloques de la estructura de un autómatas programable.



Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 12.

Un autómatas programable se compone esencialmente de los siguientes bloques.

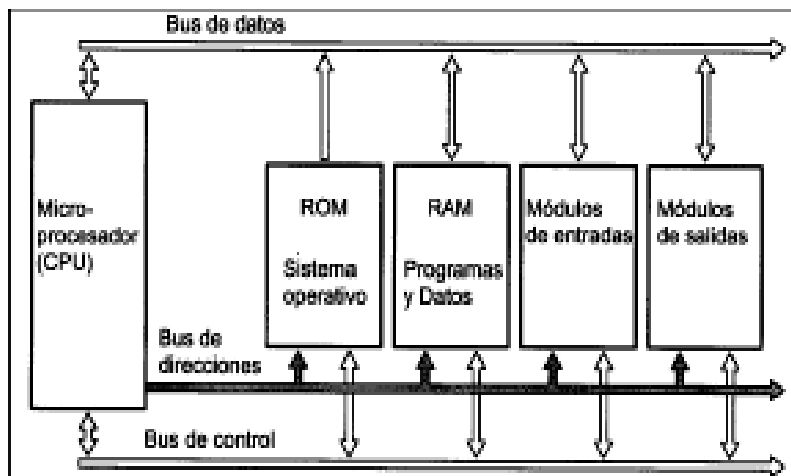
- Unidad central de proceso o de control (CPU).
- Memoria.
- Interfaces de entrada y salida.
- Fuente de alimentación.

1.7.2.2.1. Unidad central de proceso, CPU.

Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones de datos y de control. La línea de direcciones se utiliza para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus y la línea de datos para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar el dispositivo conectado al bus como emisor o como

receptor. Los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador CPU y la memoria.

Figura 31. Diseño fundamental de un microordenador.

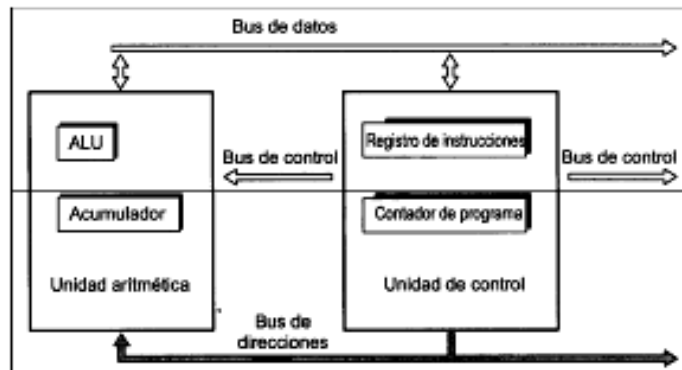


Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 15.

La CPU (central processing unit), construida alrededor de un sistema microprocesador, es la encargada de ejecutar el programa de usuario y ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas/salidas.

Un microprocesador consiste principalmente en una unidad aritmética y lógica, una unidad de control y un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros. La tarea de la unidad aritmética y lógica ALU (arithmetic logic unit) es ejecutar las operaciones lógicas y aritméticas con los datos transmitidos.

Figura 32. Diseño de un microprocesador.



Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 17.

El acumulador, AC para abreviar, es un registro especial asignado directamente a la unidad ALU. Este almacena tanto los datos a procesar como los resultados de la última operación realizada por la ALU.

El registro de instrucciones almacena cada orden o instrucción llamada desde la memoria del programa hasta que es decodificada y ejecutada.

El contador de programa es un registro, encargado de la lectura de las instrucciones de usuario y, por tanto, de la secuencia de ejecución. La combinación de la CPU con la memoria interna, memoria de imagen de entradas/ salidas, y de programa de usuario, es conocida también con el nombre de unidad de proceso o tarjeta central, aunque algunos fabricantes denominan por extensión al conjunto simplemente CPU.

En los ordenadores, generalmente se distingue entre hardware, firmware y software. Lo mismo se aplica a los PLC`s, ya que esencialmente también están basados en un microprocesador. El hardware (descrito anteriormente) se refiere a las partes físicas del dispositivo.

El firmware lo constituyen aquellos programas (software) que se hallan permanentemente instalados en el hardware por el fabricante del PLC. Esto incluye las rutinas fundamentales del sistema, utilizadas para poner en marcha el microprocesador al aplicar la tensión.

Adicionalmente está el sistema operativo que, en el caso de los PLC, generalmente se halla almacenado en una memoria ROM o en una EPROM. Finalmente, está el software, que es el programa escrito por el usuario del PLC. Los programas de usuario se instalan generalmente en una memoria RAM.

1.7.2.2.2. Fuente de alimentación.

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

Un autómata programable está formado por bloques que requieren niveles de tensión y de potencia diferentes y que además, están sometidos a condiciones ambientales de ruido electromagnético, también distintas. La alimentación del PLC puede ser corriente continua a 24 VDC, tensión muy frecuente en cuadros de distribución o en corriente alterna a 120/240 VAC.

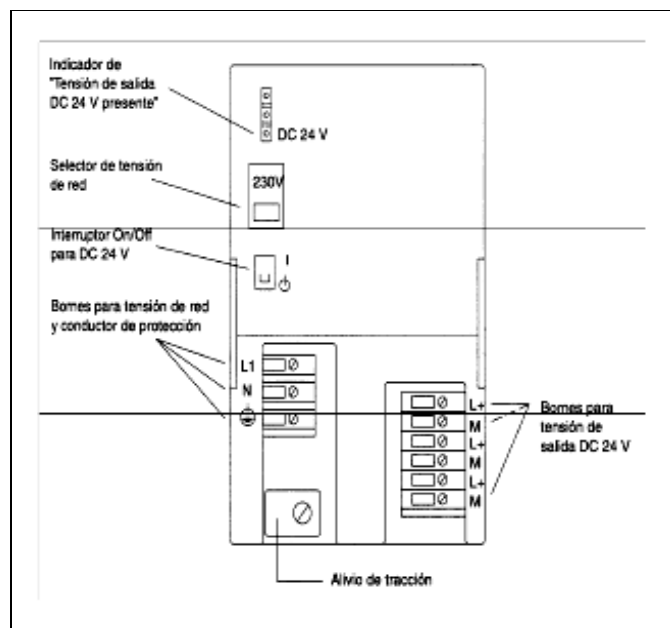
En cualquier caso, la propia fuente alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La fuente de alimentación del autómata puede incorporar una batería de reserva (backup), que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas (relés o registros) y del programa de usuario en memoria RAM cuando falla la alimentación o se desconecta el autómata.

La capacidad de esta batería, es normalmente de 3,5 V, oscila entre los 1500 mAh y 1 año de vida para las más pequeñas, utilizadas en los autómatas

compactos y los 5000 mAh y 10 años de vida, en autómatas modulares de gama alta.

El estado de la batería está monitorizado por un diodo LED en la fuente de alimentación, que parpadea o se apaga en caso de defecto o ausencia de la misma. Los autómatas compactos suelen disponer de una salida de tensión a 24 VDC de baja potencia, para la alimentación directa de sensores y actuadores, aunque la carga que puede soportar es muy reducida, del orden de décimas de amperio.

Figura 33. Esquema de una fuente de alimentación para autómata programable.



Fuente: Manual del Sistema, Sistema de Automatización. Pg. 23.

1.7.3. Instrucciones y direccionamiento.

1.7.3.1. Descripción general de la capacidad de un PLC.

La capacidad de un PLC se determina por el tipo de comandos que el usuario puede programar para que se ejecuten. Mientras el conjunto de instrucciones y los nombres de las instrucciones variarán ligeramente entre los fabricantes de los PLC, la figura siguiente da una descripción general de las instrucciones generalmente disponibles.

Como se indicó anteriormente, los PLC se diseñaron inicialmente para funcionar como reemplazos de los dispositivos de control cableados principalmente bobinas y contactos de relés, contadores y temporizadores. Hoy en día, estas funciones aún comprenden la mayoría de las instrucciones usadas en las aplicaciones de los PLC. Como ejemplo, imagine el diseño de un sistema de control para un transportador en una operación de empacado de alimentos.

Con base al estado de los dispositivos de campo, un PLC puede activar el transportador, detectar la presencia de una caja, mover la caja hacia la posición deseada, retenerla allí durante un tiempo predeterminado de llenado, y contar el número de cajas llenas que salen de la línea.

Los PLC también abren nuevas posibilidades de control con funciones avanzadas tales como: matemáticas de cuatro o cinco funciones, comparación de datos (i.e., igual a, mayor que, etc.), manejo de datos (tales como clasificación de partes o seguimiento de fallos), sofisticadas subrutinas, secuenciador (reemplazando los secuenciadores de tambor), y otras funciones que pueden ser apreciadas por los diseñadores de sistemas de control con experiencia.

- Estándar para PLC, IEC 1131.

A finales de los setenta, se plantearon en Europa algunos estándares válidos para la programación de PLC's, enfocados principalmente al estado de la tecnología en aquel momento. Tenían en cuenta sistemas de PLC no interconectados, que realizaban operaciones lógicas con señales binarias.

DIN 19 239, por ejemplo, especifica un lenguaje de programación que posee las correspondientes instrucciones para estas aplicaciones.

Anteriormente, no existían elementos de lenguaje estructurados ni equivalentes para el desarrollo de programas de PLC. Los desarrollos aparecidos en los años ochenta, tales como el procesamiento de señales analógicas, interconexión de módulos inteligentes, sistemas de PLC en red, etc. agravaron el problema. Consecuentemente, los sistemas PLC de diferentes fabricantes requerían técnicas de programación completamente diferentes.

Desde 1992, existe un estándar internacional para controles lógicos programables y dispositivos periféricos asociados (herramientas de programación y diagnóstico, equipos de verificación, interfaces hombre-máquina HIM, etc.). En este contexto, un dispositivo configurado por el usuario y compuesto por los elementos citados anteriormente, se conoce como un sistema PLC.

El nuevo estándar IEC 1131 consta de cinco partes:

- Parte 1: Información general.
- Parte 2: Requerimientos y verificaciones del equipo.
- Parte 3: Lenguajes de programación.
- Parte 4: Directrices del usuario.
- Parte 5: Especificación del servicio de mensajes.

La finalidad del nuevo estándar es definir y estandarizar el diseño y funcionalidad de un PLC y los lenguajes requeridos para la programación hasta un grado en el que los usuarios pudieran hacer funcionar sin ninguna dificultad los diferentes sistemas de PLC de los distintos fabricantes.

Las denominaciones para las entradas, salidas y elementos de memoria, están definidas por IEC 1131-3.

- Entradas (Inputs). ----- I
- Salidas (Outputs). ----- Q
- Memorias (Memory). ----- M

1.7.3.2. Direccionamiento de entradas y salidas.

Las entradas y salidas se designan con el distintivo del operando o del archivo que usan en el área de memoria, por ejemplo “I” para una entrada o “Q” para una salida, junto con un parámetro que indica la longitud y ubicación de la instrucción dentro del archivo. En estos archivos reside el estado de las entradas y salidas externas al procesador.

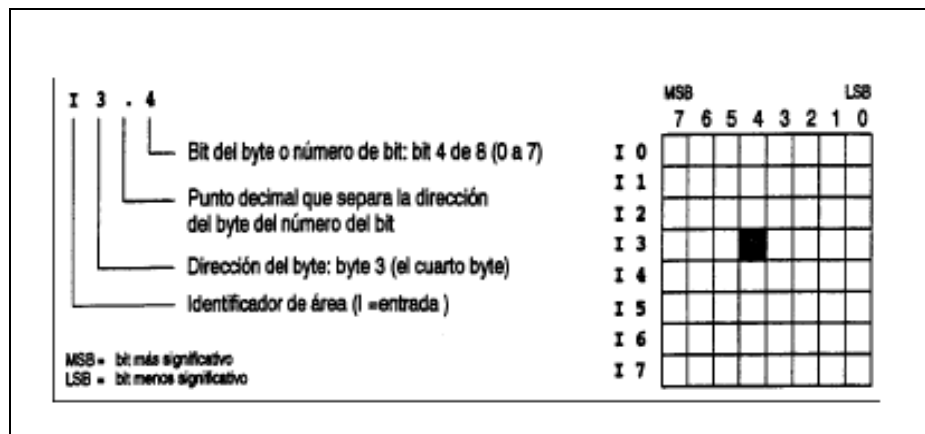
Comúnmente los archivos de E/S se dividen en longitudes o grupos de un byte o un Word, que corresponden a la configuración física de las E/S en un módulo del PLC.

- BOOL ----- Secuencia de bits de longitud 1.
- BYTE ----- Secuencia de bits de longitud 8.
- WORD ----- Secuencia de bits de longitud 16.

IEC 1131-3 no especifica el margen de números que se permiten para esta numeración ni si deben empezar por 0 o 1. Esto lo especifica el fabricante.

Se utiliza un punto para separar los niveles individuales de la jerarquía. El número de niveles de jerarquía no ha sido definido.

Figura 34. Acceso a un bit de entrada en la memoria de la CPU.



Fuente: Manual del Sistema, Direccionamiento de Entradas y Salidas. Pg. 32.

Siempre que el control lo soporte, pueden direccionarse recursos que excedan de un bit. IEC 1131-3 emplea otra letra para describirlos, que sigue a la abreviación I, Q, M o V, por ejemplo, designa bytes y words.

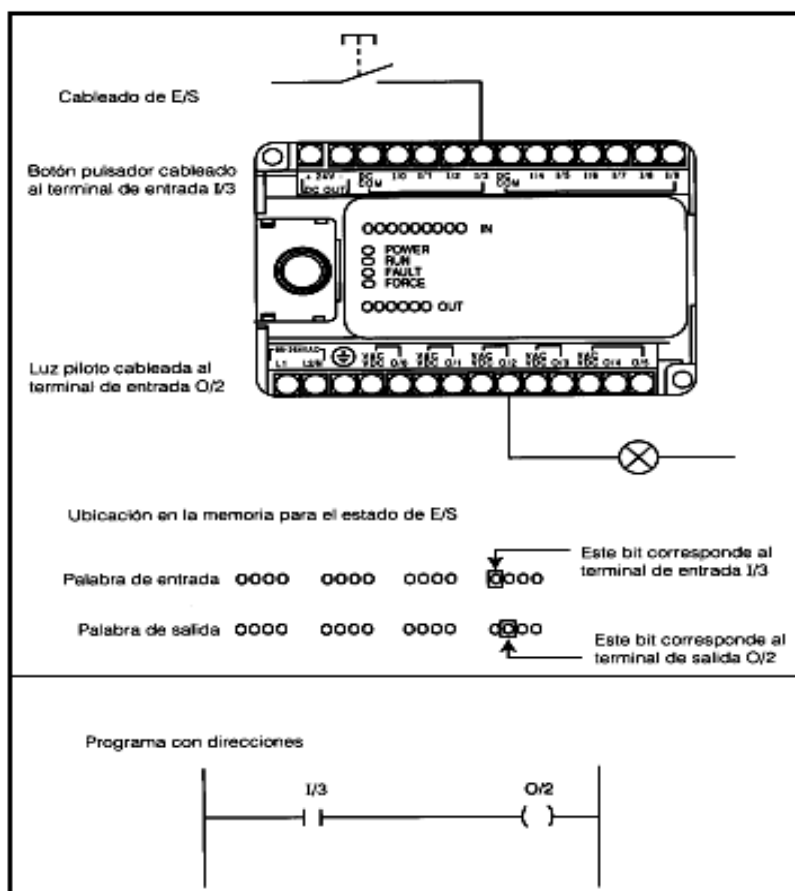
En el caso de numeración jerárquica, la posición más alta en el número de la izquierda debe ser codificada, los números que siguen a la derecha representan consecutivamente las posiciones más bajas.

1.7.3.3. Estado de las señales.

Anteriormente se describía como la unidad de control del autómata programable consultaba en las entradas los dos estados “Existe tensión” y “No existe tensión” y como “conectaba” o “desconectaba” a los dispositivos de control en dependencia del estado de tensión de las salidas.

Sin embargo posteriormente para la elaboración del programa y realización de las tareas relativas a los datos tecnológicos debe de conocerse la función técnica del emisor.

Figura 35. Relación entre la ubicación del terminal de cableado de E/S real y la dirección de las instrucciones en el programa, en un micro PLC Allen Bradley.



Fuente: Manual del Sistema, Direccionamiento de Entradas y Salidas. Pg. 33.

Si en una entrada hay conectado un emisor con un contacto de cierre (normalmente abierto), se aplicará el estado de señal "1" en la entrada cuando se accione el emisor. Por el contrario, si el emisor tiene un contacto de apertura

(normalmente cerrado), se aplicara el estado de señal "0" en la entrada cuando se accione el emisor.

El autómata programable no puede determinar si en una entrada hay conectado un emisor con un contacto abierto o cerrado; solo puede consultar o reconocer los estados de señal "1" ó "0".

Adquiere una gran importancia la pregunta sobre la elección de un contacto normalmente abierto o normalmente cerrado; sobre todo cuando deben de tomarse en cuenta aspectos técnicos de seguridad en la instalación.

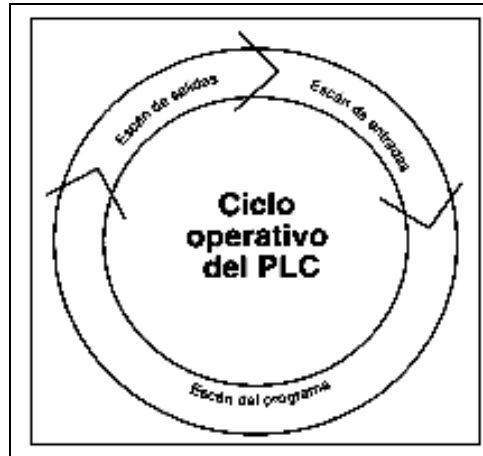
1.7.4. Ciclo operativo.

1.7.4.1. Modos de operación.

Un autómata energizado puede mantenerse en uno de los siguientes estados de funcionamiento (modos de operación):

- RUN: El autómata ejecuta normalmente el programa de usuario contenido en su memoria.
- STOP: La ejecución del programa se detiene por orden del usuario.
- ERROR: El autómata detiene la ejecución por un error de funcionamiento, y queda bloqueado hasta que se corrige el error.
- El modo STOP es normalmente utilizado para servicios de mantenimiento o diagnóstico, al congelar el funcionamiento del autómata sin pérdida de la información contenida en su interior.
- El modo de operación puede ser controlado desde conmutadores situados en la misma CPU, o desde la unidad de programación, con el envío de comandos adecuados.

Figura 36. Ciclo operativo del PLC.



Fuente: Manual SIEMENS SIMATIC, Ciclo Operativo. Pg. 26.

Ambas posibilidades pueden encontrarse simultáneamente en autómatas de gamas media y alta, mientras que los modelos compactos de gama baja suelen incluir sólo la segunda.

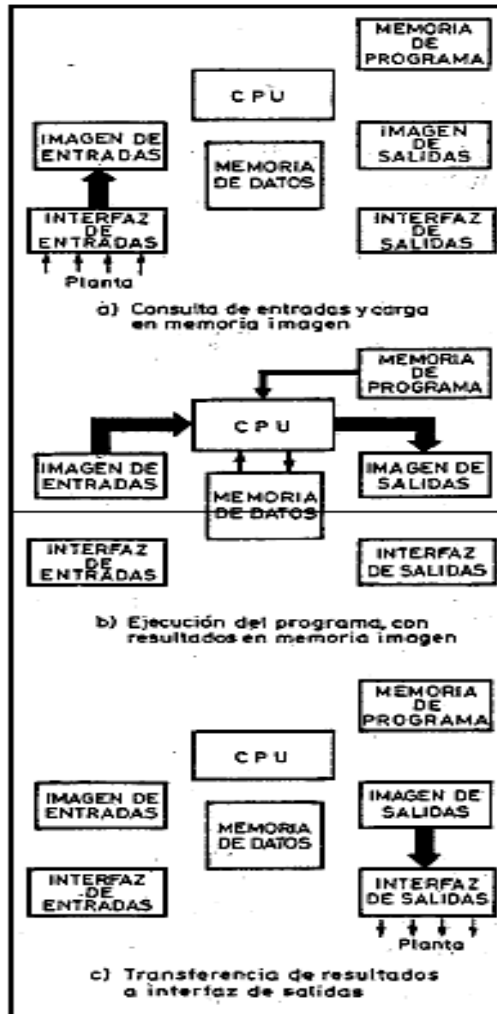
Tras la puesta en tensión, el autómata pasa a modos STOP o RUN, dependiendo del modelo y de la configuración del mismo. Si en el intento de puesta en marcha o paso a estado RUN el autómata detecta algún mal funcionamiento sobre el aparato (conexiones, alimentación, etc.) o sobre el programa (sintaxis), no se mantiene el estado RUN y la CPU cae en ERROR.

1.7.4.2. Ciclo de funcionamiento.

La secuencia de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas o escán de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control, o escán de programa.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas o escán de salidas.

Figura 37. Acceso a las memorias imagen de entradas y salidas en el ciclo operativo.



Fuente: Manual SIEMENS SIMATIC, Ciclo Operativo. Pg. 28.

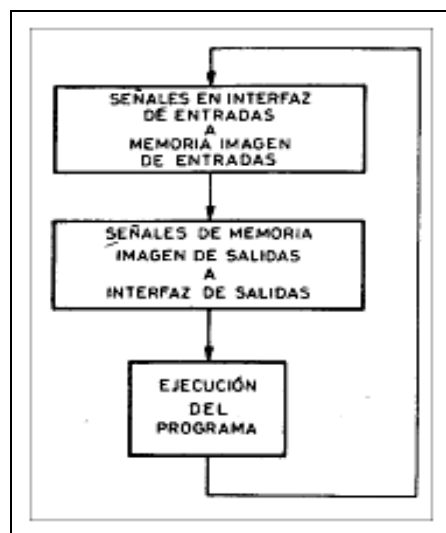
El escán de entradas: Durante un escán de entradas, el PLC examina los dispositivos de entrada externos para ver si tienen un voltaje presente o ausente (un estado "On" u "Off"). El estado de las entradas se almacena temporalmente en un archivo de memoria llamada "Imagen de entradas".

Así, el estado lógico de una entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este intervalo haya cambiado físicamente.

El escán del programa. Durante el escán del programa, el PLC escanea las instrucciones en el programa lógico, usa el estado de las entradas que se encuentra en el archivo de imagen de entrada, y determina si una salida debe ser activada o no. El estado resultante de las salidas se escribe al archivo de memoria de "Imagen de salida". El escán de salidas. Con base a los datos que se encuentran en el archivo de imagen de salida, el PLC activa o desactiva sus circuitos de salida, controlando así los dispositivos externos. De forma similar a las entradas, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, sino hasta que este finaliza. El PLC traslada la información contenida en el archivo de salidas hacia la interfaz de salidas para que estas sean activadas o desactivadas físicamente.

La secuencia real en el autómatas no es exactamente la indicada, ya que para optimizar los tiempos de acceso a las interfaces, los procesos de lectura de entradas y escritura de salidas se efectúan consecutivamente, según muestra la figura 37.

Figura 38. Secuencia de ejecución del programa de usuario.



Fuente: Manual SIEMENS SIMATIC, Ciclo Operativo. Pg. 29.

El procesamiento de una línea de programa a través de la unidad central de un PLC ocupa un tiempo que, dependiendo del PLC y de la instrucción que contenga puede durar desde unos pocos microsegundos hasta unos pocos milisegundos.

El tiempo requerido por el PLC para una simple ejecución de un programa, incluyendo la actualización de las entradas y salidas, se denomina tiempo de ciclo o tiempo de scan. Cuanto más largo sea el programa y cuanto más tiempo necesite el PLC respectivo para procesar cada línea del programa, tanto más largo será el tiempo de ciclo. Los tiempos reales de ciclo varían aproximadamente entre 1 y 100 milisegundos.

Las consecuencias del procesamiento cíclico de un programa de PLC son las siguientes:

- Las señales de entrada de una duración inferior al tiempo de ciclo, posiblemente no serán reconocidas.
- En algunos casos, puede haber un retardo de dos ciclos entre la presencia de una señal de entrada y la deseada reacción de una salida ante esta señal.
- Dado que las instrucciones se procesan secuencialmente, el comportamiento específico de la secuencia de un programa de PLC puede ser crucial.

En algunas aplicaciones, es esencial que pueda accederse directamente a entradas y salidas durante un ciclo. Por ello, este tipo de procesamiento de programa, saltándose la imagen del proceso, también es posible en algunos sistemas PLC.

1.7.4.3. Revisión del sistema.

Como se ha indicado anteriormente, el autómata incorpora rutinas de auto chequeo, en su monitor ROM, que le permiten diagnosticar el estado del programa y del hardware conectado.

Estas rutinas pueden ser:

- Iniciales, que corren unicamente tras la puesta o reanudación de la tensión.
- Cíclicas, que se repiten continuamente mientras el autómata está ejecutando el programa.

Las primeras se encargan de comprobar las conexiones físicas del sistema, y de identificar la configuración existente:

- Comprobación de la CPU.
- Comprobación de presencia y del tipo de la memoria de programa.
- Comprobación de interfaces de E/S.

Las rutinas cíclicas se encargan de comprobar la integridad del programa y de las conexiones de E/S utilizadas en el mismo:

- Comprobación del contenido de memoria de programa.
- Comprobaciones del bus interno y de las correctas transferencias de datos sobre él.
- Comprobación de presencia y del funcionamiento de interfaces de E/S.
- Comprobación del Watchdog.

El reloj de guarda (watchdog) es un temporizador interno no accesible por el usuario que fija el tiempo máximo de ejecución de un ciclo de operación. Si este temporizador alcanza el valor prefijado, entre 0.1 y 0.5 s según modelos, el autómata pasa al estado STOP y se ilumina el indicador ERROR.

Posibles causas para la activación del reloj de guarda pueden ser:

- Existencia de algún error de sintaxis en el programa, de forma que nunca se alcanza la instrucción END.

- Bloqueo de la comunicación con periféricos externos.
- Avería en el funcionamiento de la CPU, etc.

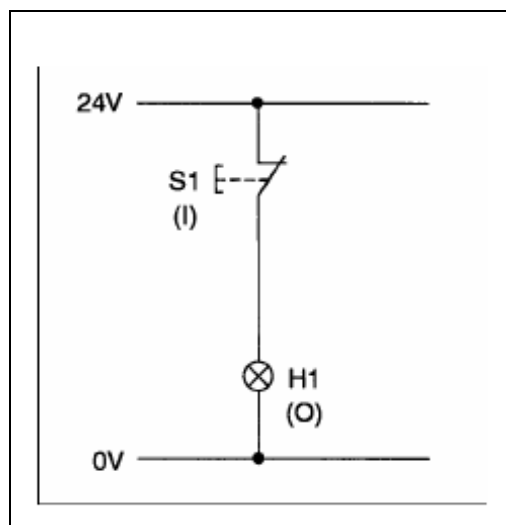
1.7.5. Funciones lógicas básicas.

Cualquier PLC, funciona utilizando el sistema de numeración de base 2. Esto se aplica también a los sistemas octal (23) y hexadecimal (24). Por ello, las variables individuales pueden asumir sólo dos valores, “0” ó “1”. Se utilizan unas matemáticas especiales para poder enlazar las relaciones entre variables: la denominada álgebra de Boole. Los enlaces entre variables también pueden representarse claramente, por medio de contactos eléctricos.

1.7.5.1. Función NOT (negación).

El pulsador mostrado representa un contacto normalmente cerrado. Cuando no está físicamente accionado, el piloto H1 está encendido, mientras que en estado accionado, el piloto H1 se apaga.

Figura 39. Diagrama eléctrico de una función NOT.



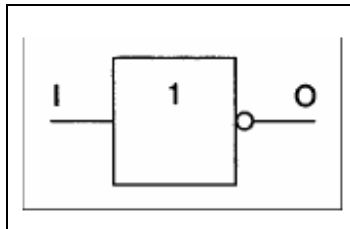
El pulsador S1 actúa como una señal de entrada, el piloto constituye la salida. El estado actual puede ser registrado en una tabla de la verdad:

I	Q
0	1
1	0

Por lo tanto, la ecuación Booleana es como sigue:

$$\bar{I} = O \text{ (léase: No-I igual a O)}$$

El símbolo lógico de esta función es:

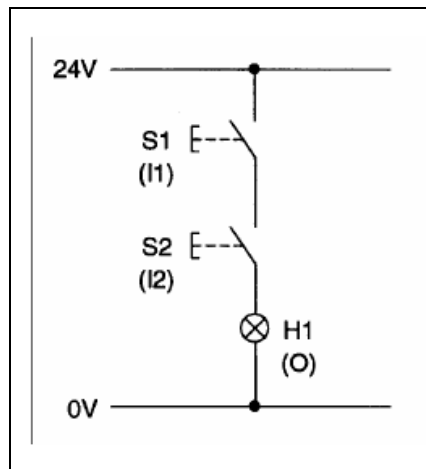


Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 18.

1.7.5.2. Función AND (conjunción).

Si dos contactos abiertos se conectan en serie, el piloto conectado sólo encenderá, si ambos pulsadores están físicamente accionados.

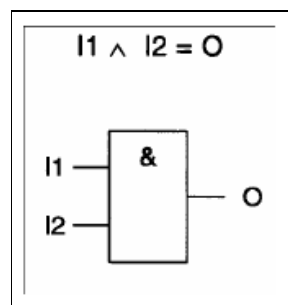
Figura 40. Diagrama eléctrico de una función AND.



La tabla de la verdad asigna la conjunción. La salida asume el valor 1 sólo si ambas entradas I1 e I2 se hallan con señal 1.

I1	I2	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Esto se conoce como una operación AND (operación Y), que se representa con la siguiente ecuación y su respectivo símbolo lógico:



Además, valen las siguientes ecuaciones para la conjunción:

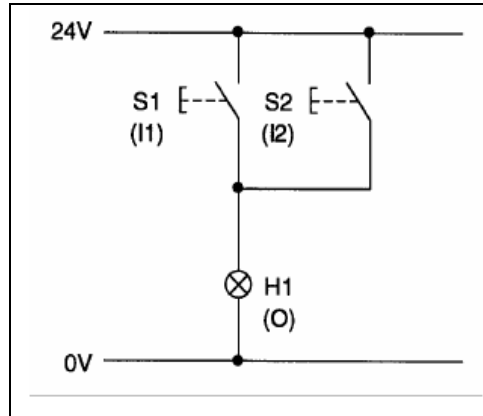
$a \wedge 0 = 0$
$a \wedge 1 = a$
$a \wedge \bar{a} = 0$
$a \wedge a = a$

Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 20.

1.7.5.3. Función OR, (disyunción).

Otra función lógica básica es la función OR (O). Si dos contactos normalmente abiertos se conectan en paralelo, H1 está encendido, siempre que por lo menos uno de los pulsadores se halle físicamente accionado.

Figura 41. Diagrama eléctrico de una función OR.



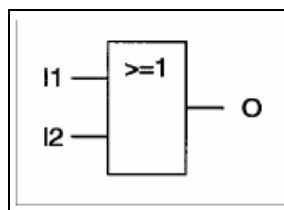
Realizamos una tabla de verdad donde se representen las condiciones exigidas.

I 1	I 2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

La operación lógica se escribe en forma de la siguiente ecuación:

$$I1 \vee I2 = Q$$

El símbolo lógico de esta función es:



Valen también las siguientes ecuaciones para la disyunción:

$$\begin{aligned}
 b \vee 0 &= b \\
 b \vee 1 &= 1 \\
 b \vee b &= b \\
 b \vee \bar{b} &= 1
 \end{aligned}$$

Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 21.

1.7.6. Lenguajes de programación.

Al conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos que están disponibles para escribir un programa se le denomina lenguaje de programación del autómeta.

La programación puede describirse como la codificación al lenguaje del autómeta del conjunto de órdenes que conforman la ley de mando o de control deseada.

El lenguaje a utilizar depende del autómeta empleado y de su fabricante, que decide el tipo de unidad de programación (literal o gráfica) y el intérprete (firmware) que utiliza su máquina, mientras que el modelo de representación depende del usuario, que lo elige según sus necesidades o conocimientos.

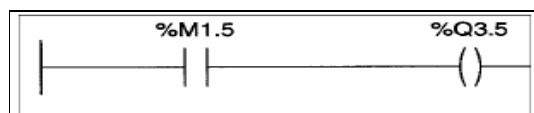
1.7.6.1. Tipos de lenguajes de programación.

IEC 1131-3 define cinco lenguajes de programación. Aunque la funcionalidad y estructura de estos lenguajes es muy diferente, son tratados como una sola familia de lenguajes IEC 1131-3. IEC 1131-3 es un estándar para la programación, no sólo de un PLC individual, sino también para sistemas de automatización complejos. Los programas de control para grandes aplicaciones deben ser claramente estructurados para ser inteligibles, fáciles de mantener y si es posible también portátiles, es decir, transferibles a otros sistemas de PLC.

1.7.6.2. El diagrama de contactos o diagrama en escalera (*ladder diagram*) LD.

El diagrama de contactos es un lenguaje de programación gráfico derivado de los esquemas de circuitos de los mandos por relés directamente cableados. El diagrama de contactos contiene líneas de alimentación a derecha e izquierda del diagrama; a estas están conectados los renglones (rungs), que se componen de contactos (normalmente abiertos y normalmente cerrados) y de elementos de bobina en diferentes formas.

Figura 42. Estructura básica de un renglón del Diagrama de Escalera.



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 31.

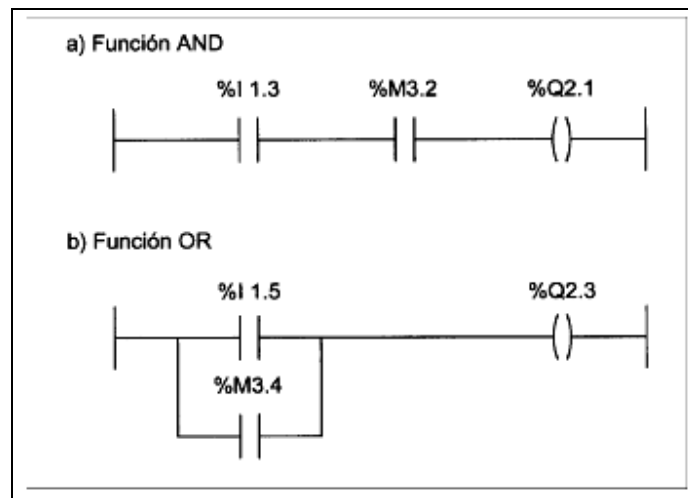
La siguiente tabla contiene una lista de los elementos más importantes asignados a un diagrama de contactos.

Tabla V. Elementos básicos del diagrama de escalera.

Contactos	
	Contacto normalmente abierto
	Contacto normalmente cerrado
	Contacto de flanco positivo
	Contacto de flanco negativo
Bobinas	
	Bobina
	Bobina negada
	Activación de una bobina remanente
	Desactivación de una bobina remanente
	Bobina activada por flanco positivo
	Bobina activada por flanco negativo

El diagrama en escalera (LD) permite definir fácilmente funciones del álgebra booleana. Esto significa que cualquier función lógica puede ser transcrita directa e inmediatamente a diagrama de contactos.

Figura 43. Conexiones lógicas en el Diagrama de Escalera.



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 33.

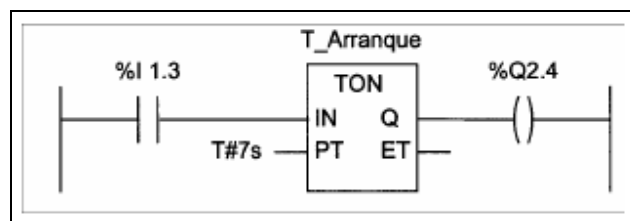
1.7.6.2.1. Bloques de función del LD.

Como se dijo anteriormente el diagrama de contactos o diagrama en escalera LD (de origen norteamericano), nació de la transcripción directa de los esquemas eléctricos de relés (circuitos de mando) de uso común en la automatización previa a la aparición de los sistemas programables.

Por esta razón, los diagramas de contactos incluyen desde sus orígenes bloques de funciones que ya aparecían como elementos propios en aquellos esquemas, por ejemplo los temporizadores y contadores.

Un requisito para la incorporación de los denominados bloques de funciones, es la disponibilidad de por lo menos una entrada booleana del bloque en cuestión.

Figura 44. Boque de función dentro del Diagrama de Escalera.



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 37.

El retardo de la señal de salida solamente se realiza si se aplica una señal 1 a la entrada booleana IN.

La presencia de estos bloques, de ejecución dependiente de una o más condiciones binarias, multiplica la potencia de programación, sin dejar de mantener las ventajas de la representación gráfica del programa. Así, pueden programarse situaciones de automatización compleja que involucren variables digitales, registros, transferencias, comparaciones, señales analógicas, etc.

La dirección del flujo de señales en un renglón es de izquierda a derecha. Si un programa consta de varios renglones, estos son procesados en secuencia de arriba, hacia abajo.

1.7.6.3. Lista de Instrucciones (*statement list o instruction list*) IL.

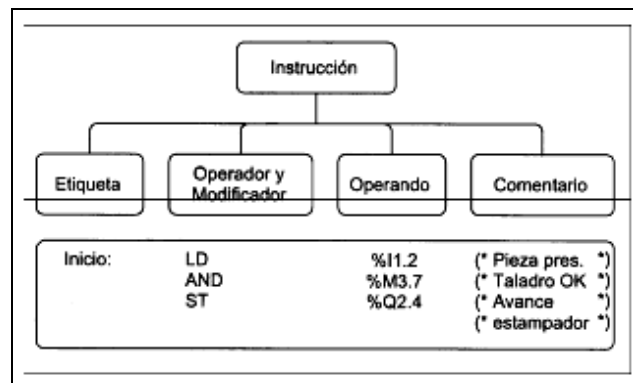
La lista de instrucciones es un lenguaje de programación textual, tipo ensamblador (assembler). Sus instrucciones son más cercanas a las órdenes procesadas en un PLC.

Un programa de control formulado en lenguaje de Lista de Instrucciones consiste en una serie de instrucciones, en las que cada instrucción se empieza en una nueva línea.

En la formulación de una instrucción, se especifica un formato fijo. Una instrucción (Figura 45) empieza con un operador seguido por un operando. El operador puede ser una instrucción que es transcripción literal de las funciones del álgebra de Boole, de inicio de sentencia o asignación de resultados por ejemplo:

- AND Función producto lógico.
- OR Función suma lógica.
- LD Leer variable inicial o cargar variable inicial.
- ST Enviar resultado a una salida.

Figura 45. Estructura de una instrucción en el lenguaje de lista de instrucciones.



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 42.

IEC 1131-3 define los operadores para la lista de instrucciones relacionados en la tabla. Los operadores no están enlazados con ninguna prioridad. Consecuentemente, las operaciones se procesan en la secuencia en la cual se introducen en la lista de instrucciones.

Si se desea una secuencia diferente, esta puede conseguirse con el uso de paréntesis - los denominados modificadores -.

Tabla VI. Algunos operadores del lenguaje de lista de instrucciones IL.

<i>Operador</i>	<i>Modificador</i>	<i>Operando</i>	<i>Descripción/Significado</i>
LD	N		Carga el operando especificado al acumulador e iguala el resultado actual a este operando
ST	N		Almacena el resultado actual en los operandos especificados
S		BOOL	Activa el operando booleano al valor 1, si el valor del resultado actual es un 1 booleano
R		BOOL	Desactiva el operando booleano a 0, si el valor del resultado actual es un 1 booleano
AND	N, (	BOOL	AND Booleano
&	N, (	BOOL	AND Booleano
OR	N, (	BOOL	OR Booleano
XOR	N, (	BOOL	OR Exclusivo Booleano
ADD	(		Adición (Suma)
SUB	(		Sustracción (Resta)
MUL	(		Multiplicación
DIV	(		División
GT	(		Comparación: >
GE	(		Comparación: >=
EQ	(		Comparación: =
NE	(		Comparación: < >
LE	(		Comparación: <=
LT	(		Comparación: <
JMP	C, N	Etiqueta	Salto a una etiqueta
CAL	C, N	Nombre	Invocación de bloques de función
RET	C, N		Retorno de bloques de función
)			Procesamiento de una operación

La figura 46 explica el uso de algunos modificadores.

Tabla VII. Uso y listado de los modificadores.

LDN	%I1.1	El valor de la entrada %I1.1 es cargado en forma negada al acumulador
AND(	%I1.2	Primero se evalúa el contenido del paréntesis - en este ejemplo las
OR	%I1.3	entradas %I1.2 y %I1.3
)		se enlazan en OR – el resultado de la expresión entre paréntesis es enlazada en AND con el contenido actual del acumulador
JMPC	Marcha	Se ejecuta el salto a la etiqueta Marcha tan sólo si el valor del resultado acabado de ejecutar es un 1 booleano.

1.7.6.3.1. Bloques de función del IL.

Además, la mayor parte de autómatas incluyen extensiones al lenguaje booleano básico, que permiten la manipulación de datos y variables digitales, así como la gestión del programa.

Estas extensiones se definen como bloques de funciones y pueden clasificarse en:

- Instrucciones aritméticas: Sumar, restar, dividir, multiplicar, etc.
- Instrucciones de manipulación de datos: Comparación, transferencia de datos, conversiones de códigos numéricos.
- Instrucciones de control de programa: Saltos de bloque de programa, relé de control secuencial, subrutinas, etc.

Esta clasificación es válida tanto para el Lenguaje LD, así como para FBD.

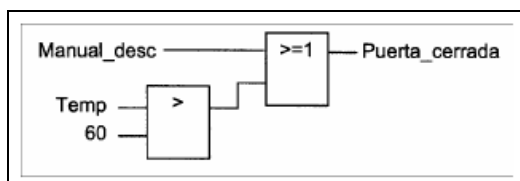
Tabla VIII. Invocación de funciones en el lenguaje de lista de instrucciones.

LD	Temp	(* Temperatura medida*)
GT	60	(* Mayor de 60 *)
OR	Manual_desc	(* OR está activado el pulsador Manual_desc *)
ST	Cerrar_puerta	(* Cerrar la puerta *)

1.7.6.4. Diagrama de bloques de función (*function block diagram*) DB.

El lenguaje de bloques de función es un lenguaje de programación gráfico que es consistente, en la medida de lo posible, con la documentación estandar IEC 617, P. 12.

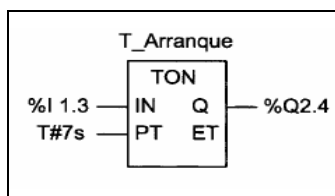
Figura 46. Diagrama de bloque de funciones (FBD).



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 49.

Los elementos del diagrama de bloques de función son funciones representadas gráficamente y bloques de función. Estas están interconectadas por líneas de flujo de señal, formando una red de trabajo (Network).

Figura 47. Bloque de función utilizado en lenguaje FBD.



Fuente: Manual INTECAP, Programación de PLC. Pg. 49.

El retardo de la señal T_arranque se pone en marcha con la entrada I1.3 con el tiempo preestablecido de 7 segundos. Al concluir el retardo en el bloque de función T_arranque se envía un 1 a la variable de salida Q2.4.

La dirección del flujo de señales es una red de izquierda a derecha. Si un programa consta de varias redes, estas son procesadas en secuencia de arriba hacia abajo.

La secuencia de procesamiento dentro de un programa puede ser influida por el uso de bloques de función o instrucciones de control de programa; como por ejemplo los saltos condicionales e incondicionales.

IEC 1131-3 define también los lenguajes de Texto Estructurado (Structured Text) ST y el Diagrama de funciones secuencial (Sequential Function Chart) SFC, los cuales no son tratados en este manual.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Antecedentes históricos de la Impresora de Sacos.

La impresora de sacos para uso agrícola que es motivo de este estudio, que se encuentra en la empresa SACOS S.A., fue creada por el taller de dicha empresa al rededor del año 1990, con el fin de obtener un mejor rendimiento en su producción.

Tiene una dimensión de 390 cm. aproximadamente 4 mts. de largo y con un ancho de 1.5 mts. y diseñada para poder imprimir en el saco agrícola 4 colores y con una eficiencia de 30 sacos agrícolas por minuto, los cuales se definen según pedido del cliente. Actualmente es utilizada para la impresión de sacos de segunda mano, los cuales son impresos con un solo color, o sea sacos que salen defectuosos de la línea de producción y que se venden a menor precio a comercios o pequeñas empresas.

Figura 48. Foto frontal de la impresora de sacos.



Fue puesta en marcha el 31 de diciembre de 1991, en ese entonces era operada por cuatro personas:

- La primera, coloca el saco en la entrada de la impresora.
- La segunda, verifica que el primer y segundo color sean los adecuados y que se impriman correctamente en el saco.
- La tercera, verifica que el tercer y cuarto color sean los adecuados y que se impriman correctamente en el saco.
- La cuarta, es el encargado de recibir el saco ya impreso y ponerlo en el área de sacado.

Posee un circuito neumático, el cual se encarga de alinear el saco en la entrada de la impresora, así como de marcar el tiempo en el cual el operario debe de proveer de sacos a la impresora.

Ya que la impresora de sacos fue creada en la empresa, no posee actualmente manual del operario, manual de mantenimiento, descripción del equipo, etc., y por ello no se puede saber ni observar cual era el diagrama lógico neumático, por lo que el circuito neumático se encuentra incompleto, por las características y formas de cómo esta montado y ciertos elementos que sobran, su accionamiento era mucho mas complejo.

Actualmente se le practica mantenimiento tanto preventivo como correctivo, el cual es realizado por el taller de dicha empresa bajo la supervisión y visto bueno del departamento de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo trata de prevenir fallas en la impresora de sacos y se basa en inspecciones periódicas programadas, lo que permite una disminución de los tiempos muertos de producción debidos a dichas fallas; también es parte del mantenimiento programado, o sea un mantenimiento

preventivo que es organizado por el departamento de mantenimiento y que regularmente es practicado a todas las maquinas programadas, en donde cada 300 horas trabajadas, se programa el mantenimiento para la impresora de sacos.

Tabla IX. Orden de mantenimiento preventivo.

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
NOMBRE DE LA EMPRESA	No.: Correlativo
Tipo de Manto.: _____	Ubicación: _____
Prioridad: _____	Responsable: _____
Tarea:	Descripción
00 101	Apretar Casilladores de toda la maquina
Observaciones: _____	_____
00 202	Limpieza del motor principal
Observaciones: _____	_____
00 303	Revisión de rodillo y cilindros de la maquina
Observaciones: _____	_____
00 404	Lubricación general de la maquina
Observaciones: _____	_____
00 505	Nivelar bandeja de tinta
Observaciones: _____	_____
00 606	Revisión de cadenas y piolet de la maquina
Observaciones: _____	_____
00 707	Mantenimiento al sensor de tiempo de la maquina
Observaciones: _____	_____
Fecha de Solución: _____	Hora: _____
Fecha de Entrega: _____	Hora: _____
_____ VoBo. Depto. Manto.	_____ VoBo. Taller.

El mantenimiento correctivo se da cuando la impresora de sacos falla, en otras palabras, la máquina indica cuando debe hacerse mantenimiento, aquí

es donde el operario reporta al departamento de mantenimiento de una falla, luego los técnicos junto con el personal de taller proceden a evaluar, y darle solución a la falla y se hace con una orden de trabajo de mantenimiento que es autorizada por el departamento de mantenimiento.

Tabla X. Orden de mantenimiento correctivo.

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
Nombre de la Empresa	No. Correlativo
Departamento : _____	Maquina: _____
Prioridad: Alta: <input type="checkbox"/> Normal: <input type="checkbox"/> Baja: <input type="checkbox"/>	
Solicitado: _____	Codigo: _____
Reportado por: _____	
Realizado por: _____	
Observaciones : _____	

Fecha de Solucirud: _____	Hora: _____
Fecha de Entrega : _____	Hora: _____
_____	_____
VoBo. Depto. Manto.	VoBo. Taller.

Partes importantes de la impresora de sacos:

- Cilindros porta Clichés.
 - Con diámetro de 50 cm. y una altura de 125 cm.
 - Los clichés son de un tamaño aproximado de 45x45 cm.
- Cilindros Cromados de Tinta Manilux.
 - Con diámetro de 15 cm. y una altura de 120 cm.

- Motor Eléctrico.
 - Con una Potencia de 2 Hp., Hz = 50, 60, 87 y Kw = 0.75, 0.92, 1.35.
- Botonera de Control.
 - Botón de arranque.
 - Botón de paro.
 - Botón de paro de emergencia.
- Circuito Neumático.
 - Con 2 cilindros de doble efecto.
 - Válvula distribuidora de accionamiento 5/2.
 - Equipo de mantenimiento.
- Faja Transportadora.
 - Con una longitud de 10 mts. y un ancho de 1 m.

2.2. Realidad actual del proceso de impresión de sacos.

El proceso de impresión de sacos para uso agrícola que utiliza actualmente la impresora de cuatro colores es:

1. El saco es ordenado y alineado en la bandeja de alimentación.
2. Es pasado por el circuito neumático que lo jala y lo alinea en la entrada de la impresora.
3. Entra a la impresora, donde el cilindro porta clichés lo imprime según especificaciones del cliente.
4. A la salida de la impresora es pasado por el secador, donde se asegura que la impresión en el saco no se corra.
5. Luego de ser secado es ordenado y colocado para su distribución.

El proceso de impresión de sacos consta de 3 operarios para el uso correcto de la impresora de cuatro colores, los cuales cumplen con:

- Primer operario: tiene a su cargo el arranque de la impresora, ordenamiento de sacos para imprimir así como la alimentación de sacos en la impresora.
 1. Surtir de sacos a la bandeja de alimentadora.
 2. Ordenar los sacos y alinearlos para su próxima impresión.
 3. Poner en marcha la maquinaria.
 4. Alimentar la impresora de sacos por medio de la banda transportadora y el circuito neumático el cual alinea el saco.
 5. Pulsar el paro cuando sea conveniente.
 6. Mantener su área de trabajo limpia.

- Segundo operario: tiene a su cargo la colocación de los clichés, alimentación de tinta y de verificar que los sacos hallan sido impresos.
 1. Colocar el cliché seleccionado para su impresión en el saco.
 2. Seleccionar la tinta así como sus distintos colores.
 3. Mantener el nivel de tinta requerido para poder imprimir.
 4. Verificar que los sacos hallan sido impresos correctamente.
 5. Asegurar el correcto funcionamiento de la maquina en caso de desperfectos menores y frecuentes (el mas común es el atoramiento de sacos en la banda transportadora y en el cilindro de impresión).
 6. Pulsar el paro cuando sea conveniente.
 7. Mantener su área de trabajo limpia.

- Tercer operario: Tiene a su cargo el secado del saco, la recepción correcta del saco a la salida en la maquinaria y su ordenamiento para ser almacenado o distribuido.
 1. Verificar el correcto secado de los sacos.
 2. Ordenar los sacos y alinearlos a la salida de la maquina.

3. Asegurar el correcto funcionamiento de la maquina en caso de desperfectos menores y frecuentes (el mas común es el atoramiento de sacos en la banda transportadora y en el cilindro de impresión).
4. Pulsar el paro cuando sea conveniente.
5. Mantener su área de trabajo limpia.

2.3. Análisis de las características de funcionamiento del circuito neumático de la impresora.

2.3.1. Descripción del circuito neumático de la impresora.

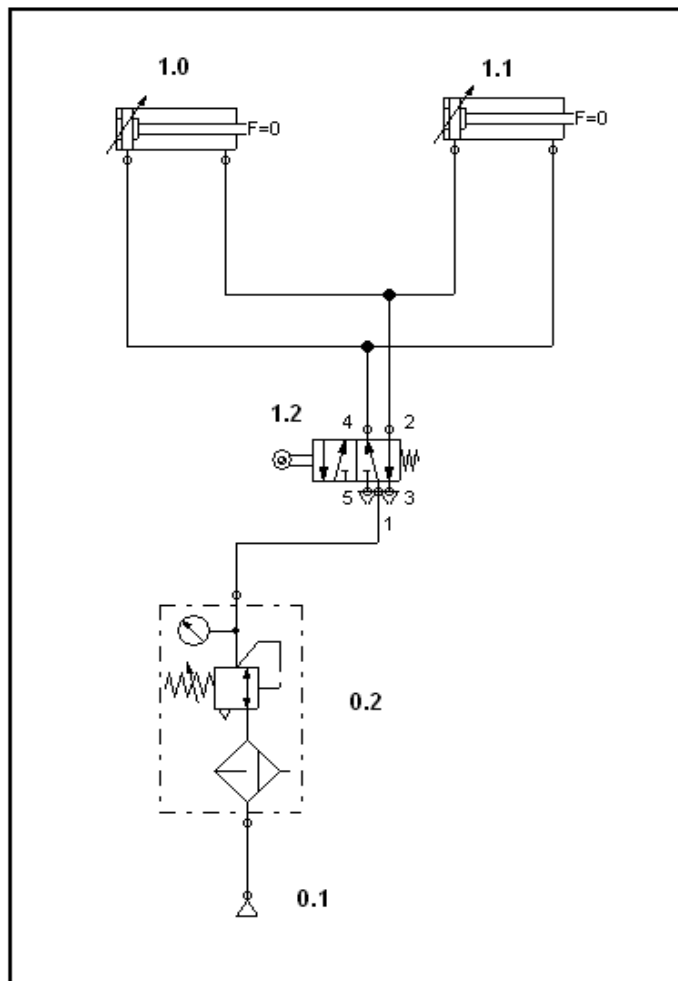
Este es un circuito bastante sencillo, tiene como objeto alinear el saco, para después jalarlo por medio de un cilindro de doble efecto con un rodillo en su final de carrera, contra la banda transportadora, así es como alimentan a la impresora de sacos de cuatro colores. Sin embargo un análisis detallado del circuito neumático, me permitió establecer que una sección del circuito que tenía una función específica en el proceso de impresión que fue eliminada. Actualmente dicha función es realizada por el operario de la maquinaria.

Partes que conforman del circuito neumático actual:

1. Dos cilindros de doble efecto.
 - Cilindro de doble efecto, el cual acciona el mecanismo para alinear el saco.
 - Cilindro de doble efecto, el cual alimenta a la impresora por medio de un rodillo y la banda transportadora.
2. Válvula Distribuidora.
 - Válvula de accionamiento 5/2, con accionamiento electro-mecánico de rodillo y retorno por muelle.

3. Grupo de Accionamiento.
- Unidad de mantenimiento.
 - Fuente de Aire Comprimido.

Figura 49. Diagrama secuencial neumático de la impresora.

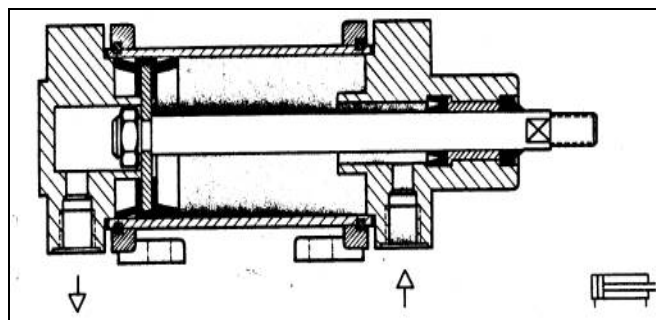


- Cilindro de doble efecto:

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se

dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

Figura 50. Cilindro de doble efecto.

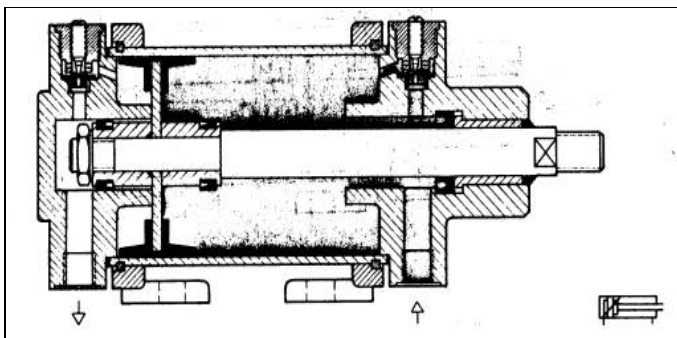


Fuente: Manual FESTO, Cilindros con Vástago. Pg. 124.

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños es utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior. En cambio, se dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable.

El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobrepresión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas antirretorno de estrangulación montadas (sección de escapo pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula antirretorno.

Figura 51. Cilindro con amortiguación interna.

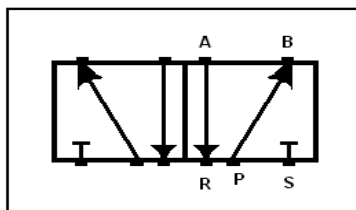


Fuente: Manual FESTO, Cilindros con Vástago. Pg. 126.

- Válvula distribuidora 5/2:

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop). Son válvulas de varios orificios (vías y posiciones) los cuales determinan el camino el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc., es decir, que cuando nombramos una válvula 5/2, tenemos 5 vías y dos posiciones.

Figura 52. Símbolo de una válvula distribuidora 5/2.

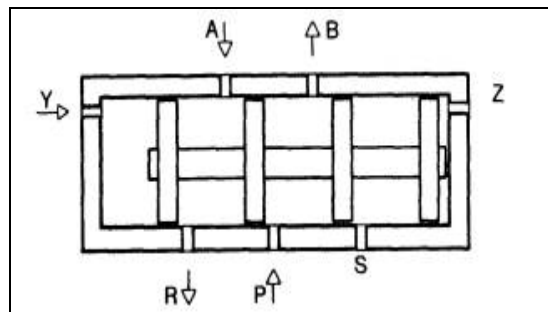


Fuente: Manual FESTO, Válvula Distribuidora. Pg. 112.

El elemento de mando de está válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos. La fuerza de accionamiento es reducida, porque no hay que vencer una resistencia de presión de aire o de muelle (como en el

principio de bola o de junta de disco). Las válvulas de corredera 5/2 longitudinal pueden accionarse manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para reposicionar la válvula a su posición inicial. La carrera es mucho mayor que en las válvulas de asiento plano.

Figura 53. Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal).



Fuente: Manual FESTO, Válvula Distribuidora. Pg. 112.

2.3.2. Análisis del circuito neumático.

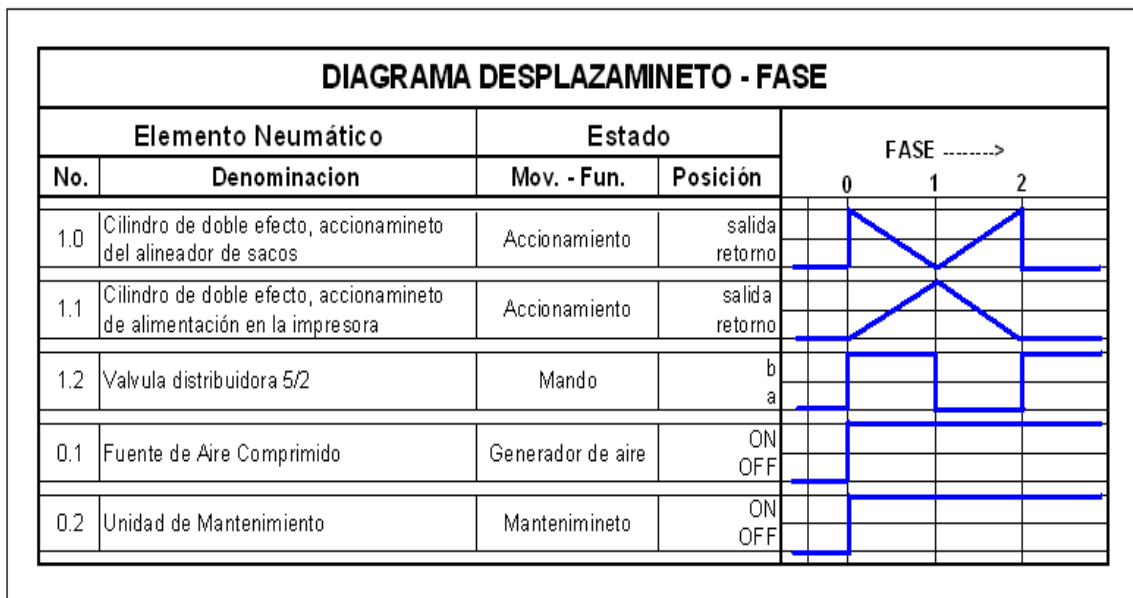
La forma más adecuada de poder analizar un circuito neumático es con un Diagrama de Desplazamiento-fase, por que estos representan de forma gráfica el orden en que se efectúa el mando y la regulación de los elementos. Pueden desplazarse a la descripción del funcionamiento.

- Diagrama de Desplazamiento-Fase:

El diagrama de desplazamiento-fase, se dibuja sobre dos coordenadas lineales. En una de las coordenadas se registran las diversas fases de una serie de trabajos, y en la otra, el estado correspondiente (desplazamiento). Los movimientos de los elementos de trabajo y de mando se representan con líneas funcionales (rectas).

Los diagramas de desplazamiento-fase facilitan la descripción y el análisis del funcionamiento de instalaciones neumáticas así como circuitos neumáticos de accionamiento, y son un auxiliar excelente en la planificación, la construcción, las reparaciones y la localización de averías.

Figura 54. Diagrama Desplazamiento-Fase del circuito neumático de la impresora.



El funcionamiento del circuito neumático de la impresora de sacos es relativamente bueno, como podemos ver en la figura 54, diagrama de desplazamiento-fase, su accionamiento tanto de los cilindros como de la válvula distribuidora se produce de una forma correcta, con lo necesario para que el operario pueda ordenar los sacos y alimentar la impresora de ellos.

2.4. Evaluación del funcionamiento de la Impresora de Sacos.

Para evaluar el funcionamiento del proceso de impresión de sacos de la impresora, he optado por un método sencillo, el cual consta de la toma de tiempos de impresión del saco en un tiempo determinado.

La impresora de sacos fue creada para producir 30 sacos impresos por minuto, o sea 1 saco impreso por 2 segundos; de aquí podemos deducir el porcentaje de producción actual, tomando los tiempos necesarios en el que el operario tanto como la impresora se tarda en imprimir el saco.

Cronometrando el proceso de impresión de 1 saco:

Tiempo 1: 3.46 s Tiempo 2: 3.44 s Tiempo 3: 3.46 s Tiempo 4: 3.47 s

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{3.46 + 3.44 + 3.46 + 3.47}{4} = 3.4575 \text{ s.}$$

- Tiempo Promedio Aproximado = 3.5 segundos en imprimir 1 saco.

Producción actual:

En 60 segundos que hacen 1 minuto, nos damos cuenta que el porcentaje de producción actual es mas bajo que el teórico.

$$\text{Producción x minuto} = \frac{60}{3.5} \text{ s} = 17.1427 \text{ sacos}$$

- Sacos x minuto aproximado = 17 sacos impresos.

Porcentaje de producción actual:

Porcentaje teórico: 30 sacos/minuto ----- 100 %

Porcentaje actual: 17 sacos/minuto ----- X?

$$\%Pa = \frac{17 * 100}{30} = 56.666666667 \%$$

30

- Porcentaje aproximado de producción actual = 57 %.

- ❖ El descenso al 57 % en la producción de sacos impresos por cada minuto, o sea 17 sacos, se debe a la identificación de dos factores, el primero es debido al atoramiento frecuente de sacos en la banda transportadora provocado por una mala alineación del mismo y el segundo factor es que, como se menciona anteriormente, una sección del circuito neumático original fue eliminada, dentro de dicha sección operaba un cilindro de doble efecto que tenía como función asegurar la perfecta alineación del saco, lo que implica que uno de los operarios de la máquina sea el responsable de dicha acción lo que incrementa el tiempo de impresión de un saco.

2.5. Factores a considerar para la selección idónea de elementos del sistema secuencial neumático.

Teniendo en cuenta que los elementos neumáticos se utilizan sin parar durante 12 horas al día, no dan muchos problemas. Para asegurarse de que funcionan bien es necesario considerar lo siguiente:

- El consumo de aire comprimido es un factor en el diseño del circuito neumático. Este se realiza sumando el consumo de cada elemento que pertenece al sistema.

- Pérdida de presión y de aire comprimido, la cual se produce por una mala conexión de los conductos, exceso de elementos de accionamiento y por elementos en mal estado.

- Elementos de accionamiento neumático que operen mediante una lógica programable en este caso un PLC. Los elementos lógicos pueden ser pasivos o activos.
 - Son pasivos todas aquellas funciones que no están conectadas directamente con la red de aire comprimido.
 - Los activos son los que están conectados a la red.

- Accionamientos neumáticos que operen bajo impulsos eléctricos, producidos por señales lógicas.
 - Señal lógica “0”, es la que permanece en reposo.
 - Señal lógica “1”, es la señal activa o accionada.

2.6. Factores a considerar para la selección idónea de elementos del autómatas o PLC.

El PLC es un sistema de control lógico programable, en un grado de exigir un conjunto ordenado de operaciones definidas por las instrucciones.

- Unidad central de proceso o de control (CPU). Es la encargada de ejecutar el programa de usuario y ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas/salidas.

- La memoria, es parte del CPU, que contiene un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros.
 - Usuario, es la memoria del programa de control.
 - Datos, es la memoria de instrucciones lógicas.

- Fuente de alimentación, la fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación del PLC puede ser corriente continua a 24 VDC, tensión muy frecuente en cuadros de distribución o en corriente alterna a 120/240 VAC.

- Interfases de entrada y salida, según la naturaleza de las señales que intervienen en el proceso, los sistemas de control pueden dividirse en los siguientes grupos:
 - Sistemas analógicos.
 - Sistemas digitales.
 - Sistemas híbridos analógico-digitales.

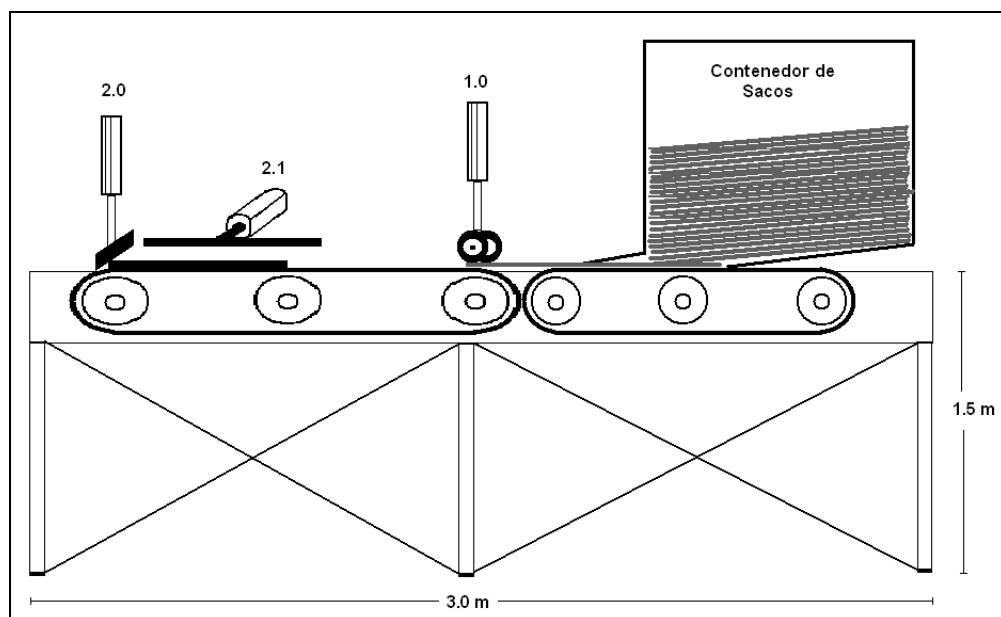
- Una PC o un ordenador, el cual contiene el software del PLC seleccionado y donde el programador diseña el sistema de control.

3. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO ASISTIDO POR UN PLC.

3.1. Diseño del circuito secuencial neumático.

Para poder diseñar un circuito secuencial neumático debemos tener una aplicación o función para la cual opere el circuito bajo ciertas especificaciones. En este caso, se desea que se diseñe el circuito neumático para la aplicación de un sistema de alimentación de sacos de uso agrícola para una impresora de cuatro colores.

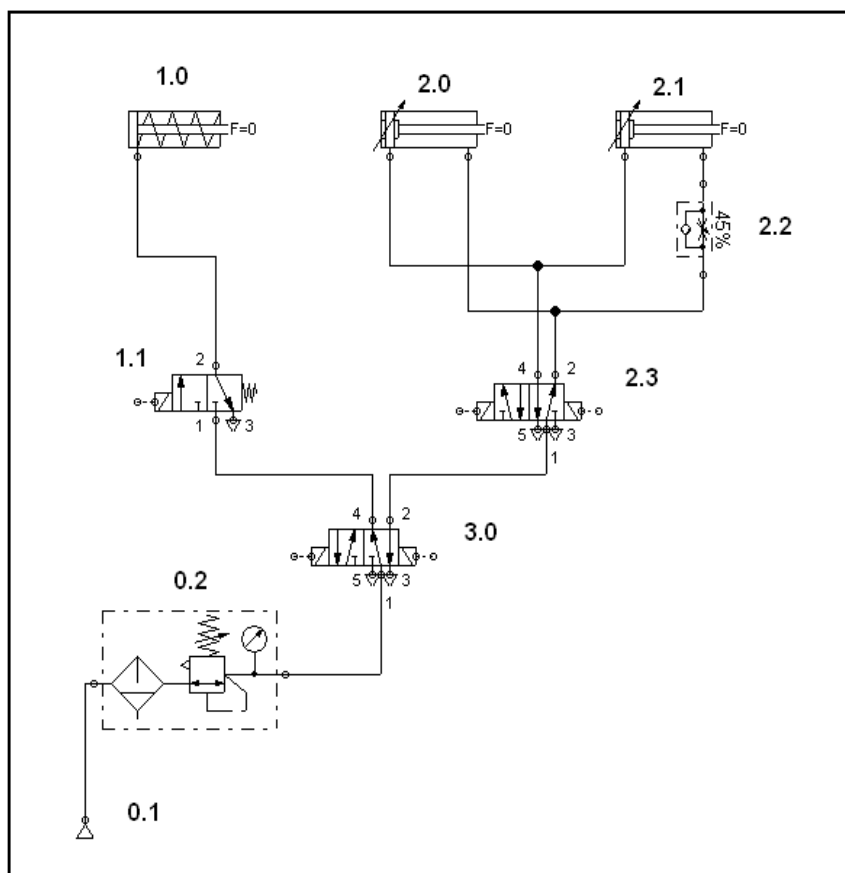
Figura 55. Sistema de alimentación de sacos.



Como podemos ver en la figura 57, se ideó un sistema de alimentación de sacos, donde los sacos son depositados y ordenados por un operario en el

contenedor (su capacidad dependerá de la producción). Luego por la acción de la gravedad y la fricción de la banda transportadora el saco es arrastrado al dispositivo del cilindro 1.0, el cual tiene la operación de jalar el saco para su alineación y así alimentar la impresora. Los cilindros 2.0 y 2.1 son los encargados de alinear el saco; el cilindro 2.0 tiene la operación de detener el saco sin necesidad de dar un paro al sistema de alimentación, en este caso a la banda transportadora, mientras que el cilindro 2.1 con su acción de avance y en el extremo de su vástago una regla alienadora que asegura la alineación correcta del saco a la hora de entrar en la impresora para su correcta impresión.

Figura 56. Diagrama secuencial neumático para el sistema de alimentación.

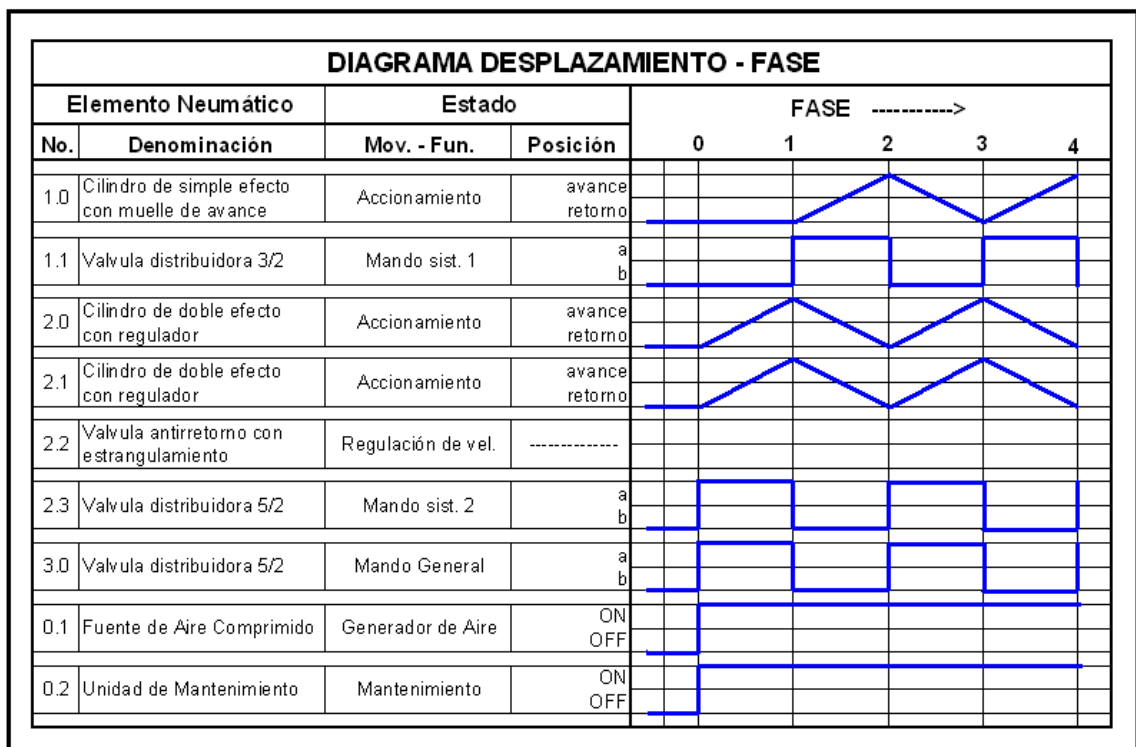


En la figura 58, se puede ver el accionamiento del sistema de alimentación de sacos, con sus elementos neumáticos interconectados entre sí para cumplir con la función que el autómatas tiene programada para la correcta impresión del saco.

- Diagrama de Desplazamiento-Fase:

Analizando el circuito secuencial neumático con un Diagrama de Desplazamiento-fase, estos representan de forma grafica el orden en que se efectúa el mando y la regulación de los elementos.

Figura 57. Diagrama Desplazamiento-Fase del circuito secuencial neumático.



Podemos ver en la figura 59, el funcionamiento del circuito secuencial neumático del sistema de alimentación de sacos, por medio del diagrama de

desplazamiento-fase. El accionamiento, tanto de los cilindros como de la válvula distribuidora se produce de una forma correcta, como lo manda la operación del autómatas que es el que da la señal de accionamiento.

3.2. Selección de elementos neumáticos a utilizar.

Los elementos que se escogieron, por su comercialización, su proveedor, por su tipo y marca, son los que están al alcance de la empresa SACOS S.A., teniendo como referencia para trabajar una presión de 3 a 6 bar (50 a 80 psi) y una velocidad aproximada de 0.5 m/s.

- 1 Cilindro de simple efecto (Accionamiento 1.0): el vástago de un cilindro de simple efecto se desplaza hacia la posición final delantera al aplicar aire comprimido. Cuando se descarga el aire comprimido, el émbolo regresa a su posición de partida por efecto de un muelle. El émbolo del cilindro está provisto de un imán permanente que puede utilizarse para activar un sensor de proximidad.
 - Parámetros ajustables:
 - Carrera máxima: 1... 100 mm (50 mm).
 - Posición del pistón: 0... Carrera máxima mm (0 mm).
 - Superficie del émbolo: 0,07... 80 qcm (3,14 qcm).
 - Superficie anular del émbolo: 0,03... 65 qcm (2,72 qcm).

- 2 Cilindros de doble efecto (Accionamiento 2.0 y .2.1): El vástago de un cilindro de doble efecto se acciona por la aplicación alternativa de aire comprimido en la parte anterior y posterior del cilindro. El movimiento en los extremos es amortiguado por medio de estranguladores regulables. El émbolo del cilindro está provisto de un imán permanente que puede utilizarse para activar un sensor de proximidad.

- Parámetros ajustables:
 - Carrera máxima: 1... 5000 mm (100 mm).
 - Posición del pistón: 0... Carrera máxima mm (0 mm).
 - Superficie del émbolo: 0,25... 810 qcm(3,14 qcm).
 - Superficie anular del émbolo: 0,1... 750 qcm (2,72 qcm).

➤ 1 Electro-válvula 3/2 (Mando 1.1).

➤ 2 Electro-válvulas 5/2 (Mando 2.3 y 3.0).

➤ 1 Válvula antirretorno estranguladora (Regulación 2.2): válvula reguladora de caudal unidireccional La válvula reguladora de caudal unidireccional se compone de una válvula de estrangulación y de una válvula de antirretorno. La válvula de antirretorno impide el paso del aire en un determinado sentido. El caudal pasa entonces a través de la válvula de estrangulación. La sección de la estrangulación es regulable por medio de un tornillo. En el sentido opuesto, el caudal puede circular libremente a través de la válvula de antirretorno.

- Parámetros ajustables:
 - Grado de apertura: 0... 100 % (100 %).

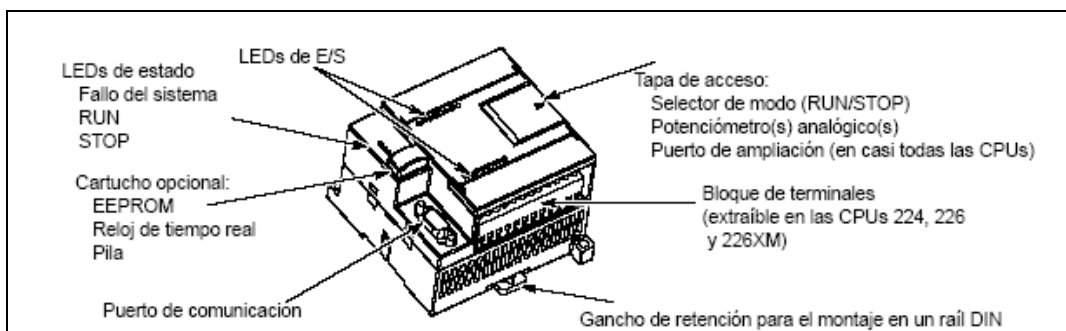
3.3. Selección adecuada del tipo de autómeta o PLC.

El autómeta escogido es el PLC Siemens S7 200 (sistema de automatización), por su capacidad, comercialización y bajo costo, es ideal para las tareas desempeñadas por la empresa SACOS S.A.

El autómeta o PLC S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas

tareas. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los sistemas de automatización S7-200 son idóneos para controlar tareas sencillas. La variedad de modelos S7-200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

Figura 58. Sistema de automatización S7 200.



Fuente: Siemens, Manual del Sistema, Pg 2.

El sistema de automatización S7 200 es compatible y adaptable con los siguientes equipos:

- CPUs S7-200: CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226 y CPU 226XM
- Módulos de ampliación EM 22x S7-200
- STEP 7-Micro/WIN (versión 3.2), paquete de programación de 32 bits para el S7-200
- Librerías de operaciones STEP 7-Micro/WIN y TP-Designer para TP070, versión 1.0, juego de herramientas de software para clientes que utilizan el S7-200 junto con otros componentes (por ejemplo, el panel táctil TP070, Modbus, o bien accionamientos MicroMaster).

3.4. Diseño del programa secuencial para asistir el circuito neumático.

El autómata seleccionado S7 200, opera con un paquete de programación STEP 7-Micro/Win, el cual constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7-Micro/WIN comprende tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

- Requisitos del sistema: STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una unidad de programación de Siemens (por ejemplo, en una PG 760). El PC o la PG deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:
 - Sistema operativo: Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows Me (Millennium Edition), Windows NT 4.0 (o una versión posterior), Windows XP Professional.
 - 100 MB libres en el disco duro (como mínimo).
 - Ratón (recomendado).

3.4.1. Elaboración del programa secuencial para asistir el circuito neumático.

El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación.
- Gestionar símbolos.
- Crear programas, para sistemas de destino S7.
- Cargar programas en sistemas de destino.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos de la instalación.

Tabla XI. Tabla de símbolos del programa secuencial para el autómata.

SEÑALES DE ENTRADA		
NOMBRE	SIMBOLO	DIRECCION
Marcha o Arranque	M	I 0.0
Stop o Alto	St	I 0.1
Paro de Emergencia	PEM	I 0.5
Atoramiento del Saco	At	I 0.3
Sensor del Contenedor de Sacos	Ss	I 1.0
Sensor de Alimentación	Sja	I 1.1
Sensor de Alineación	Sal	I 1.3
Sensor de Impresión	S1	I 1.4
Cilindro de Simple Efecto 1.0	C1.0	I 2.0
Cilindro de Doble Efecto 2.0	C2.0	I 2.1
Cilindro de Doble Efecto 3.0	C3.0	I 2.2
SEÑALES DE SALIDA		
NOMBRE	SIMBOLO	DIRECCION
Motor Electrico	Mt	Q 0.0
Cilindro de Simple Efecto 1.0	C1.1	Q 0.1
Cilindro de Doble Efecto 2.0	C2.2	Q 0.2
Cilindro de Doble Efecto 3.0	C3.3	Q 0.3
Accionamiento de Valvula 3/2	Y1	Q 1.0
Accionamiento de Valvula 5/2 de Mando	Y2	Q 1.1
Accionamiento de Valvula 5/2 de Mando	Y3	Q 1.2
Accionamiento de Valvula 5/2	Y4	Q 1.3
Accionamiento de Valvula 5/2	Y5	Q 1.4

Figura 59. Programa secuencial por etapas del autómata.

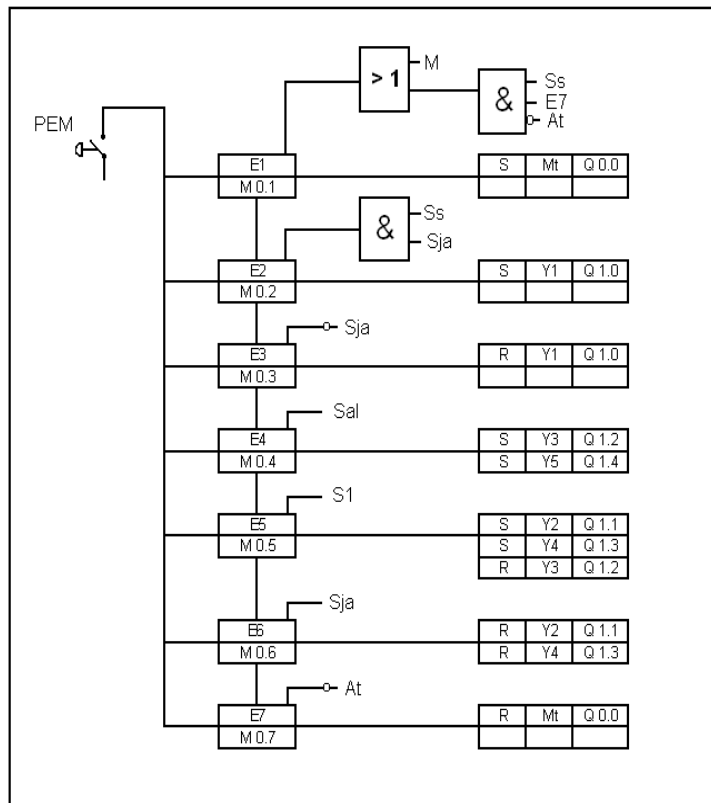


Figura 60. Programa secuencial del PLC para asistir a la Impresora de Sacos en lenguaje de programación KOP.

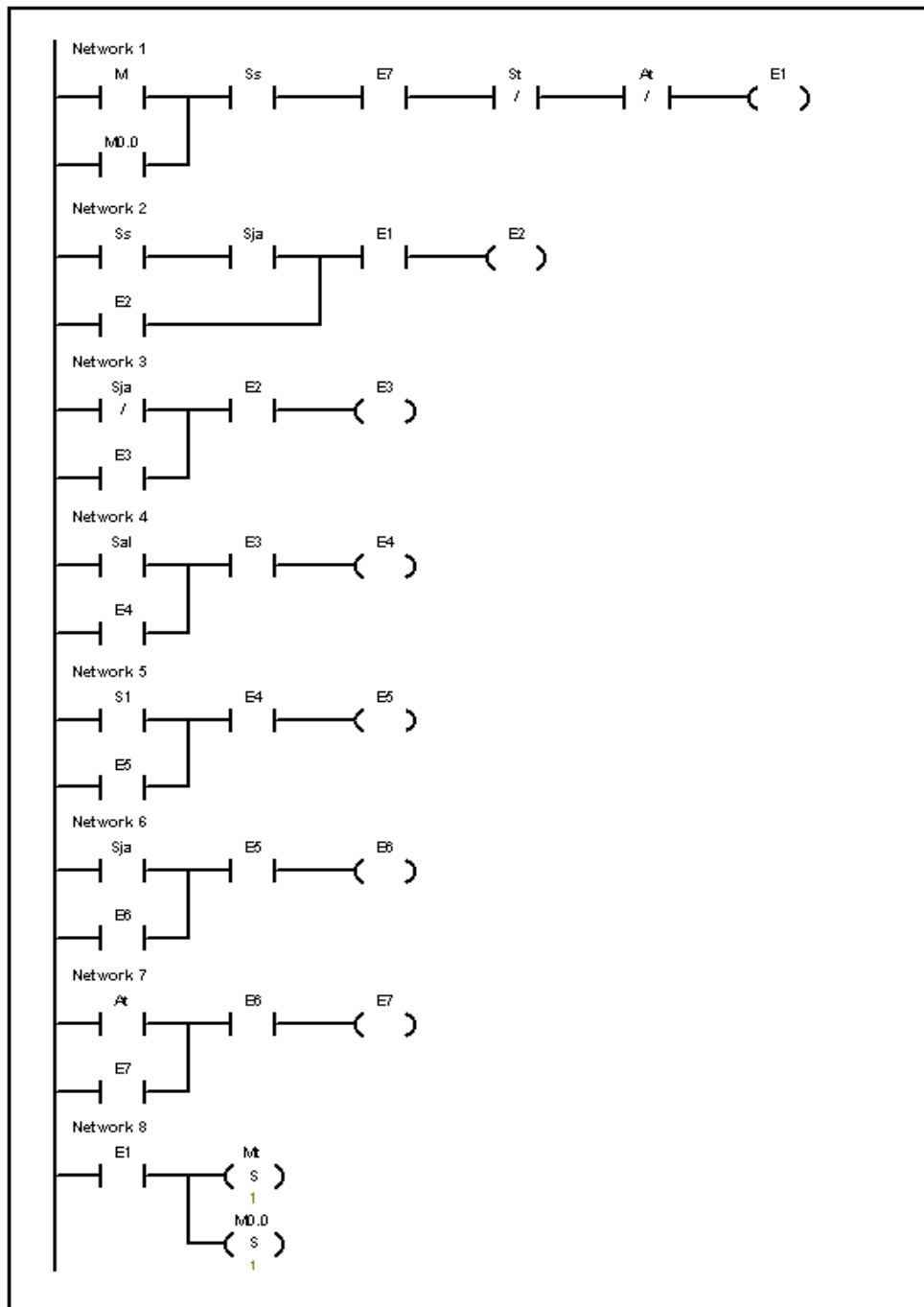
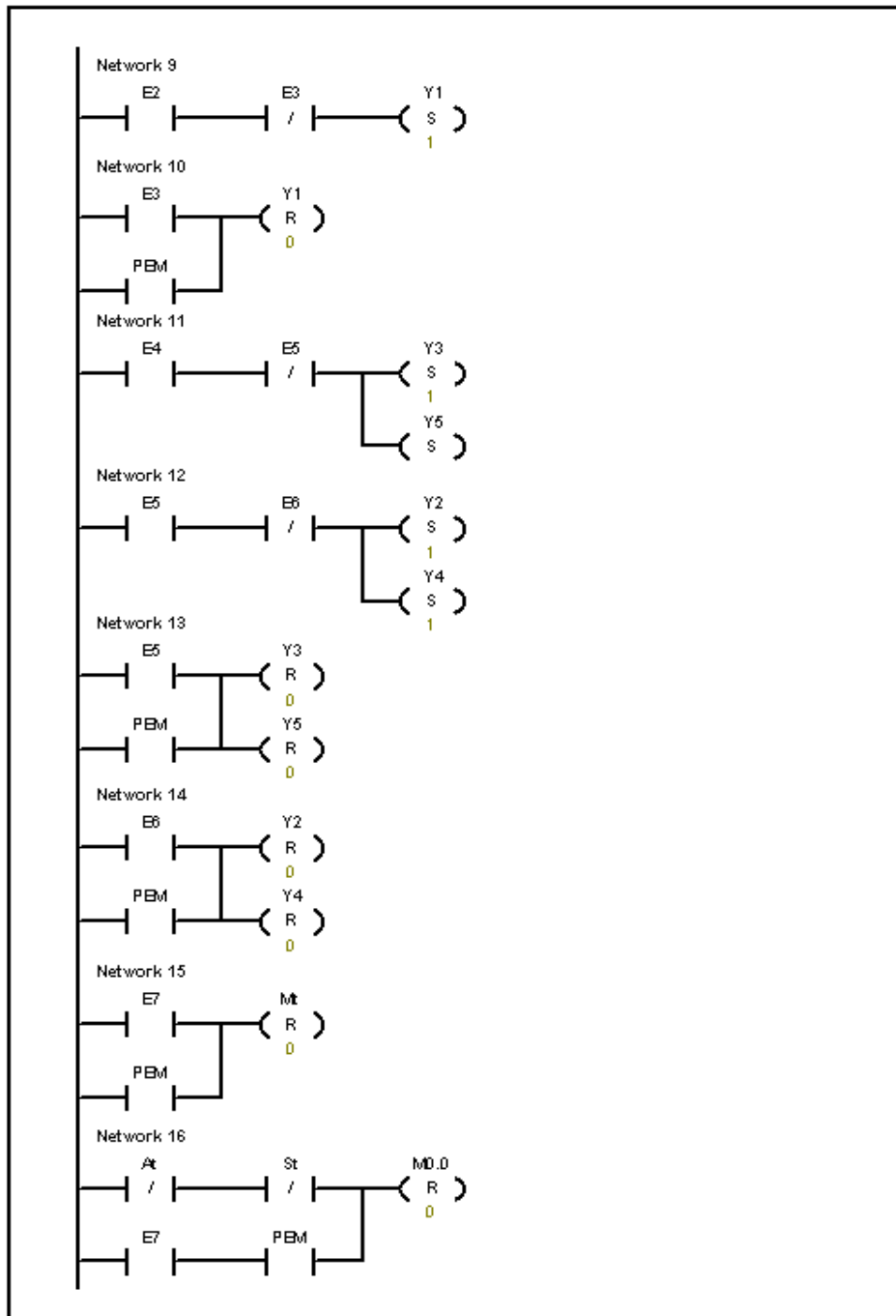


Figura 61. Continuación del programa secuencial del PLC para asistir a la Impresora de Sacos en lenguaje de programación KOP.



3.5. Calibración del tiempo de Impresión de Sacos.

Tomando en cuenta que el autómata o PLC es el que gobierna y toma el control del proceso de impresión, podemos calibrar el proceso por medio del programa secuencial del autómata, según especificaciones o necesidad de producción que requiera la empresa.

Actualmente la impresora de sacos tiene una producción de 17 sacos por minuto (1 saco por cada 3.5 s), con un porcentaje del 57 %, lo cual nos indica que esta muy por debajo de su producción ideal, ya que fue creada para producir 30 sacos por minuto (1 saco por cada 2 s).

Para no forzar la maquinaria, los equipos y elementos, podemos obtener un promedio entre tiempo actual e ideal de producción, para así calibrar el proceso en un tiempo que eleve la producción, y su porcentaje sea el ideal bajo las condiciones actualmente propuestas para la empresa SACOS S.A.

- Tiempo Promedio Aproximado:

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{3.5 + 2}{2} \text{ s} = 2.75 \text{ s.}$$

$$\text{Producción x minuto} = \frac{60}{2.75} \text{ s} = 21.818 \text{ sacos}$$

- Sacos x minuto Aproximado = 22 sacos impresos.

- Porcentaje de producción requerido para calibración:

Porcentaje teórico: 30 sacos/minuto ----- 100 %

Porcentaje actual: 22 sacos/minuto ----- X?

$$\% \text{ Pa} = \frac{22}{30} * 100 = 73.333333 \%$$

- Porcentaje Aproximado de Producción Requerido = 73 %.
 - Con los cambios propuestos, para el proceso de impresión de sacos el porcentaje ideal para la producción sería del 75 %.
- ❖ Como podemos ver, la producción incremento de un 57% a un 75 %, o sea tiene una mejora del 18 % en la producción actual, lo cual demuestra teóricamente que automatizar el proceso de impresión de sacos para la empresa SACOS S.A. es factible.

CONCLUSIONES

1. La Impresora de Sacos de cuatro colores, fue creada en el taller de la empresa, para poder incrementar su producción de impresión sin necesidad de adquirir una maquinaria de alto costo, por ello no posee actualmente manual del operario, manual de mantenimiento, descripción del equipo, etc., lo cual dificultó la investigación del proyecto.
2. En el análisis del proceso de Impresión de Sacos, de la maquinaria y del equipo neumático, al no haber historial, no se pudo saber cuál era el proceso original, lo cuál llevó a determinar que las funciones actuales de algunos sistemas se encuentran incompletas, principalmente el sistema neumático.
3. Actualmente algunas funciones están incompletas o inactivas, las cuales son realizadas por un operario, lo que implica que sea el responsable de un menor rendimiento para el que fue diseñada la máquina, incrementando el tiempo de impresión de un saco.
4. La producción actual del 57 % de sacos impresos por cada minuto, o sea 17 sacos, se debe a la identificación de dos factores; el primero es debido al atoramiento frecuente de sacos en la banda transportadora, provocado por una mala alineación del mismo; el segundo factor es a causa del operario.

5. La forma más adecuada de analizar el circuito neumático de la Impresora de Sacos es con un diagrama de desplazamiento-fase, por que éstos representan de forma gráfica el orden en que se efectúa el mando y la regulación de los elementos y pueden desplazarse a la descripción del funcionamiento en sí.
6. Es necesario el rediseño del circuito neumático de la Impresora de Sacos, para optimizar los elementos neumáticos ya existentes; este nuevo circuito es secuencial con elementos y accionamientos que cumplan con una lógica programable, para que su función sea bajo el control del autómatas.
7. El autómatas seleccionado para que cumpla con el proceso de impresión, debe ser de bajo costo, de comercialización en el país, de fácil utilización, el ideal para las tareas desempeñadas por la empresa SACOS S.A.
8. Se escogió el lenguaje de programación KOP, por su fácil utilización y manejo de etapas dentro de un proceso seleccionado, por ello, la persona que tenga a su cargo la programación del proyecto debe comprender la función del sistema.
9. La producción de sacos impresos bajo las condiciones establecidas en este proyecto, incrementa del 57% a un 75%, lo cual demuestra teóricamente que automatizar el proceso de Impresión de Sacos para la empresa SACOS S.A. es factible.

RECOMENDACIONES

A el Departamento de Mantenimiento

1. Utilizar sensores de proximidad, para detectar el saco y mandar una señal de entrada al programa secuencial del autómeta, que luego accione el elemento neumático del sistema.
2. Emplear el autómeta o PLC Siemens S7 200 (sistema de automatización), por su diseño compacto, su bajo costo y su amplio juego de operaciones; ya que la variedad de modelos S7-200 con el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.
3. Utilizar el lenguaje de programación KOP de preferencia, ya que es adecuado para que una persona que no tenga conocimiento alguno en programación de un PLC, sea capacitada para utilizarlo.
4. Colocar o programar un Timer o temporizador, para lograr la calibración del proceso de Impresión de Sacos, en casos remotos donde sea imposible obtener las condiciones de impresión necesarias para la empresa.

A el Departamento de Producción

5. Capacitar y familiarizar al personal de producción y operarios con la nueva tecnología que se pretende implementar, para su uso óptimo.


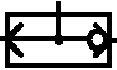
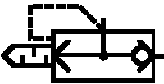




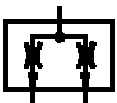


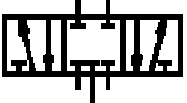

6. No exceder la calibración del sistema de programación del autómeta mas ayá del 80%, para no sobrecargar la producción de sacos impresos por minuto, ya que la producción incremento de un 57% a un 75 %.


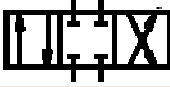

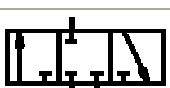


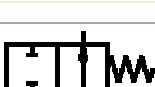
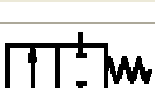
BIBLIOGRAFÍA





1. Manual del Aire Comprimido. **Aire Comprimido**. Mexico: Editorial Ingersoll-Rand, 1992.
2. Manual del INTECAP. **Mandos Secuenciales Neumáticos**. Guatemala: Centro de Reproducción Digital por Demanda de INTECAP-CRDDVI, 2005.
3. Manual del INTECAP. **Programación de PLC**. Guatemala: Centro de Reproducción Digital por Demanda de INTECAP-CRDDVI, 2005.
4. Manual del Sistema. **Sistema de Automatización**. Nurenberg: Editado por SIEMENS SIMATIC, 2003.
5. Manual de Trabajo. **Curso de Neumática para la Formación Profesional**. Bogota, Colombia: Editado por FESTO DIDACTIC. 1992.
6. Robert W. Abraham. **Compresores y Bombas: Los Impulsores de Fluidos más Importantes**. Massachussets, EEUU: The Badger Co, 1995.
7. TELEMECANIQUE. **Automatización a Comando Neumático: Logia Programable**. Madrid: Editorial Paraninfo, 1993.
8. Ziesling Honrad. **Circuitos Neumáticos**. Barcelona, España: Editorial Blume, 1995.
9. www.festo.com.mx (Guatemala: 09/02/2008)
10. www.ingenieria-tec.com.es (Guatemala: 29/02/2008)
11. www.siemens.com (Guatemala: 23/04/2008)

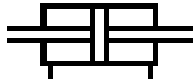
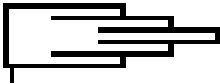









ANEXO 1
Simbología neumática.









Válvulas





Símbolo:	Descripción:
	Regulador de caudal unidireccional.
	Válvula selectora.
	Escape rápido.
	Antirretorno.
	Antirretorno con resorte.
	Regulador de presión.
	Regulador de presión con escape.
	Bifurcador de caudal.
	Regulador de caudal.
	Regulador constante de cauda.
	Válvula 5/3.
	Válvula 5/2.

	Válvula 4/3.
	Válvula 4/3.
	Válvula 4/2.
	Válvula 3/3.
	Válvula 3/2.
	Válvula 3/2.
	Válvula 2/2.
	Válvula 2/2.

Cilindros	
Símbolo:	Descripción:
	De simple efecto. Retorno por muelle.
	De simple efecto. Retorno por fuerza externa.
	De doble efecto.
	De doble efecto con amortiguador.

	De doble efecto con doble vástago.
	De simple efecto telescópico.
	Lineal sin vástago.
	Accionador angular.
	Motor neumático de un solo sentido de giro.
	Motor neumático de dos sentidos de giro.
Unidades de Tratamiento del Aire	
Símbolo:	Descripción:
	Filtro con purga de agua manual.
	Filtro con purga de agua automática.
	Filtro en general.
	Refrigerador.
	Secador.

	Lubricador.
	Unidad de acondicionamiento.
	Compresor.
	Generador de vacío.
	Termómetro.
	Manómetro.
	Silenciador.
	Tanque.

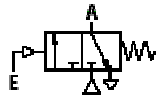
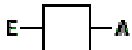
Accionamientos	
Símbolo:	Descripción:
	Enganche con enclavamiento.
	Pulsador de emergencia. Seta.
	Pulsador en general.
	Tirador.

	Accionamiento por leva.
	Accionamiento por rodillo.
	Accionamiento por presión.
	Accionamiento por rodillo escamoteable.
	Electroválvula.
	Accionamiento por Motor eléctrico.
	Accionamiento por Palanca.
	Accionamiento por Pedal
	Retorno por muelle.
	Electroválvula servopilotada.
	Electroválvula servopilotada gobernable manualmente.
	Detector neumático.
	Final de carrera accionado.

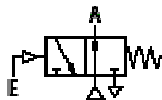
Lógica

Símbolo:

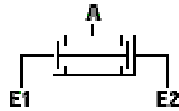
Descripción:



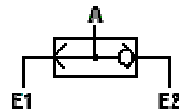
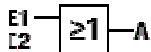
Función igualdad.



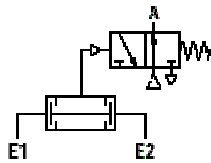
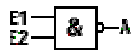
Función negación.



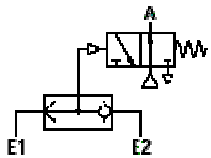
Función AND.



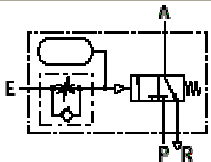
Función OR.



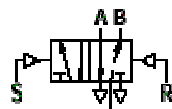
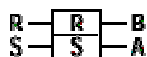
Función NAND.



Función NOR.



Temporizador a la conexión.



**Biestado.
Memoria S-R.**

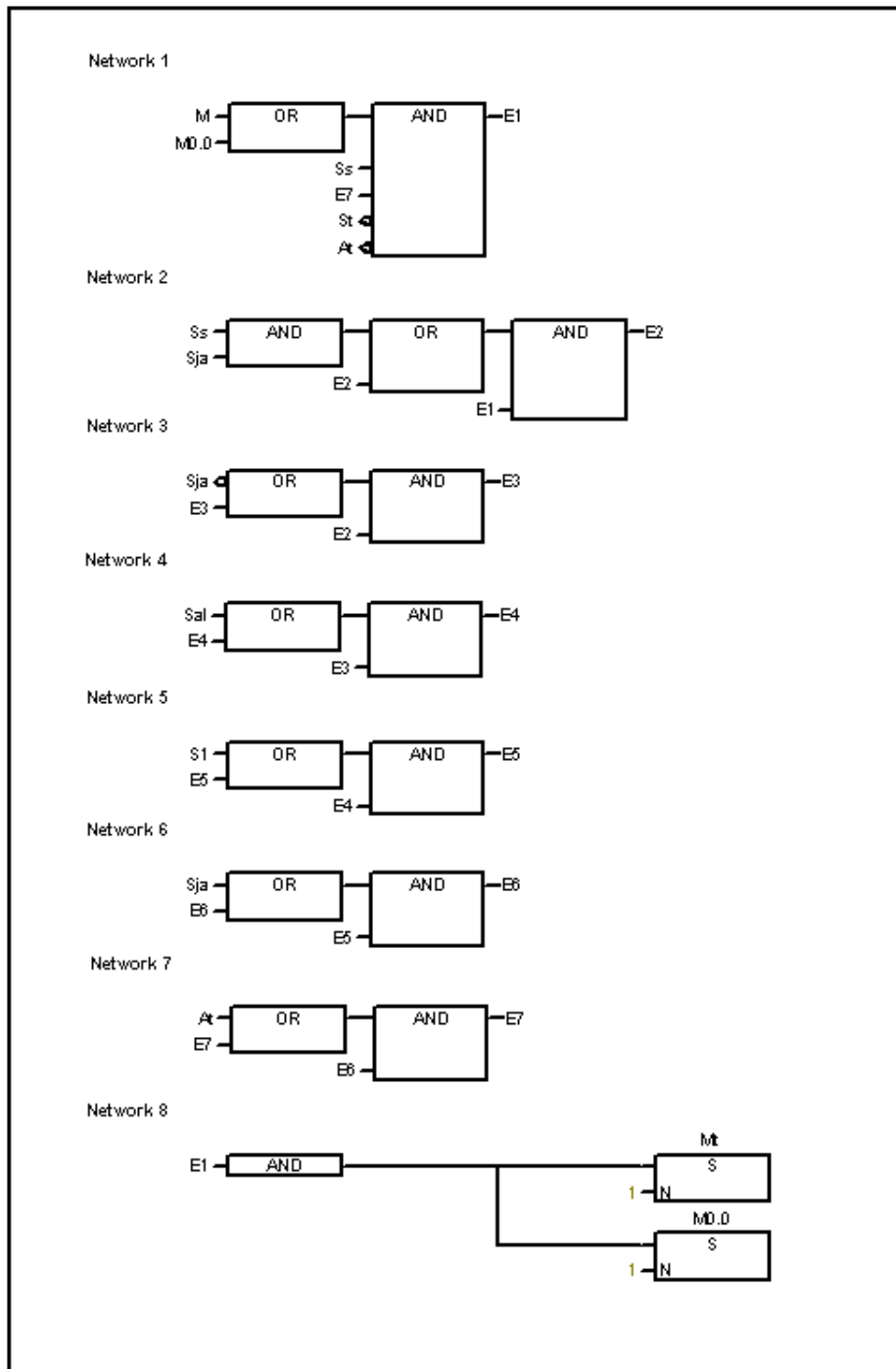
ANEXO 2

Programa secuencial del PLC para asistir a la Impresora de Sacos.

Programa secuencial del PLC en lenguaje de programación AWL.

Network 1 LD M O M0.0 A Ss A E7 AN St AN At = E1	
Network 2 LD Ss A Sja O E2 A E1 = E2	
Network 3 LDN Sja O E3 A E2 = E3	
Network 4 LD Sal O E4 A E3 = E4	
Network 5 LD S1 O E5 A E4 = E5	
Network 6 LD Sja O E6 A E5 = E6	
Network 7 LD At O E7 A E6 = E7	
Network 8 LD E1 S Mt,1 S M0.0,1	
	Network 9 LD E2 AN E3 S Y1,1
	Network 10 LD E3 O PEM R Y1,0
	Network 11 LD E4 AN E5 S Y3,1 S Y5,1
	Network 12 LD E5 AN E6 S Y2,1 S Y4,1
	Network 13 LD E5 O PEM R Y3,0 R Y5,0
	Network 14 LD E6 O PEM R Y2,0 R Y4,0
	Network 15 LD E7 O PEM R Mt,0
	Network 16 LDN At AN St LD E7 A PEM OLD R M0.0,0

Programa secuencial del PLC en lenguaje de programación FUP.



Programa secuencial del PLC en lenguaje de programación FUP.

