

Diseño e implementación de un módulo para pruebas electroneumáticas controladas con PLC y pantalla HMI

Erick Sebastián Lucero Narváez

Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

sebastian_esln@hotmail.com

Resumen— Este trabajo investigativo trata de dar a conocer la tecnología electroneumática, sus principales beneficios y aplicaciones partiendo de la implementación de un módulo de entrenamiento controlado con PLC y pantalla HMI para la realización de prácticas electroneumáticas. En principio se da un vistazo a los autómatas programables en general, elementos electroneumáticos y dispositivos de control; después se especifica a profundidad el porqué de cada dispositivo escogido, adentrando en el análisis de su constitución, aplicación y funcionamiento para luego indicar las prácticas elaboradas que serán trabajadas con el módulo de entrenamiento.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas automáticos en la actualidad se han convertido en herramientas necesarias para la fabricación y producción en masa, las grandes industrias han optado por acceder a sistemas autómatas con la finalidad de optimizar

la calidad de sus productos y mejorar la economía de la empresa.

La elaboración de este proyecto tiene como finalidad construir un módulo de entrenamiento para procesos electroneumáticos, los mismos que están inmersos en el ámbito de la producción industrial; con la firme intención de instruir a los estudiantes sobre el funcionamiento y aplicación de los sistemas automáticos, lo cual traerá como consecuencia el enriquecimiento del conocimiento técnico y un desarrollo más eficiente dentro del campo laboral.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

El desarrollo de este proyecto se basa en una primera instancia en el conocimiento de la tecnología neumática y la generación del aire comprimido, seguido de esto se analiza los elementos de ejecución (cilindros, electroválvulas, silenciadores, etc.,) y los elementos de control (PLC y Pantalla HMI) para finalizar con la selección de los elementos que se incluirán en el módulo de entrenamiento.

A. Importancia de la neumática

La neumática es una tecnología tan versátil que no solo se utiliza en las industrias sino también en la minería, medicina, la robótica, la industria en todas sus áreas, etc., siendo en esta última el mayor campo de aplicación, la acogida de esta tecnología ha dado paso a que los procesos se vuelvan más eficientes y el trabajo sea de mejor calidad. Se habla de que si las industrias quieren ser competitivas y crecer técnica y económicamente deben contar necesariamente de elementos neumáticos.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja lo que constituye un factor de seguridad. “Ver [5]”

B. Generación del aire comprimido

Para alimentar elementos neumáticos se necesita una parte de generación de aire comprimido, el fin es almacenar el aire en un reservorio para que en él se cree una presión y al ser expulsada tenga una fuerza capaz de mover los elementos neumáticos.

Los elementos encargados de generar el aire comprimido son los llamados “compresores”, de estos existen dos tipos:

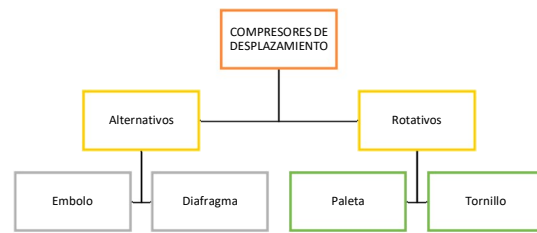


Fig.1 Tipos de compresores, Autor

La diferencia entre estos tipos de compresores es su adaptabilidad y construcción. Los alternativos utilizan un émbolo lo que genera aire con alta presión; mientras que los rotativos se asemejan a un motor eléctrico puesto que disponen de un estator y un rotor para generar aire comprimido.

C. Actuadores neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo; estos también proporcionan movimiento rotativo con un ángulo de hasta 270° por medio de actuadores del tipo de paleta y de piñón-cremallera, y motores neumáticos de rotación continua. “Ver [10]”

Los actuadores neumáticos se clasifican en tres grupos:

- Actuadores lineales
- Actuadores de giro
- Actuadores especiales

La diferencia entre los actuadores neumáticos es su mecanismo de funcionamiento, los actuadores lineales están diseñados para que generen un movimiento lineal de atracción y repulsión, los actuadores de giro generan un

movimiento de rotación de 0° a 360° y finalmente los actuadores especiales combinan los movimientos lineales y giratorios.

D. Elementos de mando electroneumático

Los elementos de mando electroneumático son los encargados de controlar el flujo del aire comprimido a partir de señales eléctricas generadas por los elementos de control

1) Electroválvulas

Las válvulas distribuidoras de accionamiento eléctrico o electroválvulas, forman el eslabón que une ambas partes de un sistema de control electroneumático. Estas válvulas conmutan reaccionando ante señales de salida de la unidad de control y bloquean o abren paso en la parte funcional neumática. “Ver [8]”

Para poder clasificar a las electroválvulas es factible diferenciarlas por el número de vías y posiciones que estas disponen, para ellas se tiene:

- Electroválvula distribuidora de 2/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 3/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 4/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 5/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 5/3 vías.

Tipo de válvula	Símbolo	Aplicaciones
Válvula de 2/2 vías servopilotada, reposición por muelle		Función de cierre
Válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente cerrada)		Cilindro de simple efecto
Válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente abierta)		Conexión y desconexión de la alimentación de aire comprimido
Válvula servopilotada de 4/2 vías, reposición por muelle		Cilindro lineal o giratorio de doble efecto
Válvula servopilotada de 5/2 vías, reposición por muelle		

Fig. 2 Tipos de electroválvulas, fundamentos de neumática y electroneumática FESTO

2) Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas

Para realizar este proceso se requiere de la variable presión; la válvula es accionada cuando la presión alcanza un valor determinado, cuando esto sucede el mecanismo genera una señal eléctrica que permite activar la electroválvula y permitir el paso o el cierre del aire comprimido. La presión de la señal neumática actúa contra el muelle regulable.

3) Transformación de señales eléctricas en señales neumáticas

Para realizar esta acción se utilizan válvulas electromagnéticas las cuales están destinadas a cumplir con la función de convertir las señales eléctricas en neumáticas, estos dispositivos se componen de:

- Una válvula neumática.
- Una bobina que activa la válvula.

E. Elementos de control eléctrico

Los elementos de control eléctrico son aquellos destinados a generar e interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de su circuito interno, dentro de este grupo de elementos se encuentran: sensores y relés.

1) Sensores final de carrera o reed switch

Los sensores magnéticos o Reed Switch son interruptores que se activan en presencia de campos magnéticos. Cuando es normalmente abierto los contactos se cierran y cuando es normalmente cerrado se abren.

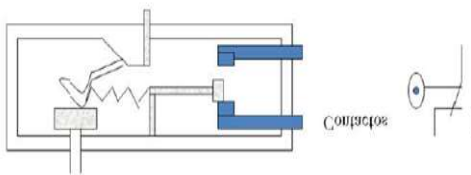


Fig 3 Interruptor final de carrera, curso de neumática Inst. Berlín

2) Relevadores o relés

Es un dispositivo electromagnético, que funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

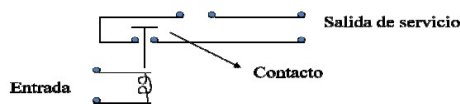


Fig.4 Principio de funcionamiento de un relevador, curso de Neumática Inst. Berlín

F) Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable permite que exista una comunicación entre el usuario y la máquina, la cual permita controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática. El programador ejecuta instrucciones de forma secuencial, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, y es ahí donde decide cuando conmutar sus salidas donde se encuentran conectados los actuadores. "Ver [6]"

1) Arquitectura del PLC

El PLC se constituye de cinco unidades funcionales:

- CPU o procesador
- Fuente de alimentación
- Tarjetas de entrada
- Tarjetas de salida
- Interface de comunicación

Estas unidades hacen posible en funcionamiento del PLC como una máquina independiente, versátil y funcional, cada unidad cumple una determinada función comandada desde el procesador.

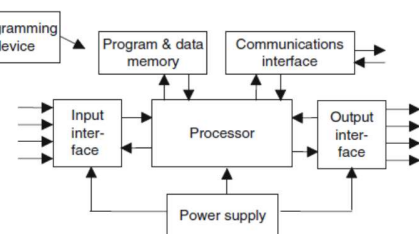


Fig 5 Sistema de un PLC, Bolton

2) Tipos de controladores

Los controladores pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Modulares
- Compactos

La diferencia entre estos dos grupos radica en la estructura física, los autómatas modulares pueden incrementar sus propiedades técnicas por medio de adaptación a otros elementos, mientras que los de tipo compacto contiene propiedades físicas de forma específica y estas no pueden incrementarse. “Ver [6]”

TABLA I

VENTAJAS Y DESVENTAJAS CONTROLADORES MODULARES

Controladores lógicos programables modulares	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • En posibles fallas las partes afectadas pueden ser remplazadas individualmente. • Las características generales son construidas por el usuario del equipo por medio de la adaptación de los diferentes módulos. • Por el avance tecnológico hoy en día se pueden encontrar módulos como un autómata compacto completo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son equipos que muestran mayor complejidad para instalación y mantenimiento. • Mayor uso de espacio físico. • Costos más altos por la adquisición de los diferentes módulos por separado.

TABLA II

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CONTROLADORES COMPACTOS

Controladores lógicos programables compactos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecen la potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos. • Espacio físico reducido. • Pueden relacionarse con módulos de expansión. • Bajos costos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del modelo existen características insuficientes para la realización de ciertas funciones. • Posibles fallas en alguna parte del controlador pueden afectar a todo equipo teniendo que ser remplazado en su totalidad para solucionar el problema.

3) Lenguaje de programación

El lenguaje de programación se considera el software en la estructura del PLC, es la manera de comunicación entre el usuario y el PLC para que este pueda desarrollar la tarea asignada de forma automática. Entre los lenguajes de programación existen algunos de los cuales los más utilizados son:

- Programación Ladder (LAD).
- Diagrama de bloques de Función (FBD).
- Lista de instrucciones (LI).
- Sequential Function Chart (SFC).

a) Programación Ladder (LAD).- La programación ladder puede ser la más fácil de comprender si se trabaja en entornos de electricidad y electrónica, para entender mejor este tipo de programación se parte de un circuito eléctrico sencillo que a continuación se muestra:

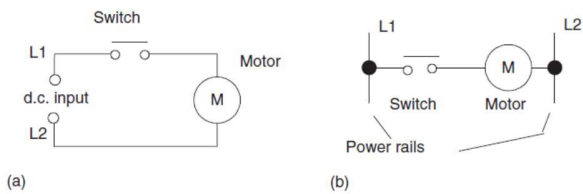


Fig 6, a) Representación eléctrica, b) Representación Ladder, Bolton

b) Diagrama de bloques de Función (FBD).- El diagrama de bloques funcionales es: “Lenguaje gráfico donde todas las funciones del programa se representan mediante bloques lógicos o aritméticos. Este lenguaje permite el procesamiento tanto secuencial como paralelo. “*Ver [14]*”

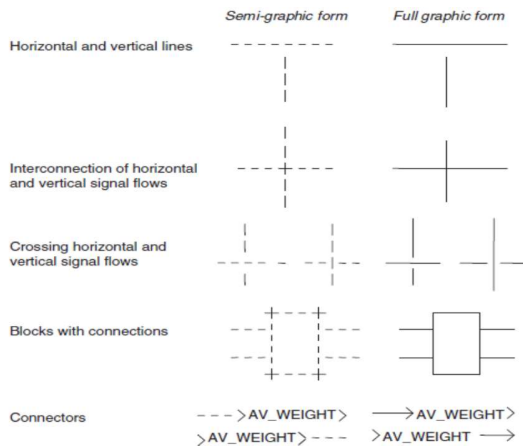


Fig 7, Diagramas Básicos Ladder, Bolton

c) Lista de instrucciones.- La lista de instrucciones son un conjunto de códigos simbólicos que indican una instrucción que el usuario le da al programa para que este pueda ser ejecutado. El usuario debe utilizar sus propios códigos y una nomenclatura distinta para nombrar a las variables del sistema.

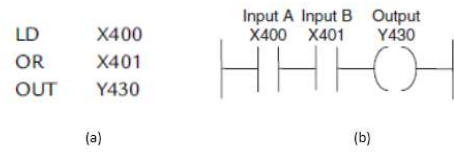


Fig 8 Programa muestra AND (a) Lista de Instrucciones, (b) Ladder, Bolton

d) Secuencial Función Chart (SFC).- Este tipo de lenguaje se asemeja a un diagrama de flujo, se forma de rectángulos que representan cada estado del programa y las líneas verticales y horizontales representan el siguiente estado que debe seguir el programa según haya sido la instrucción.

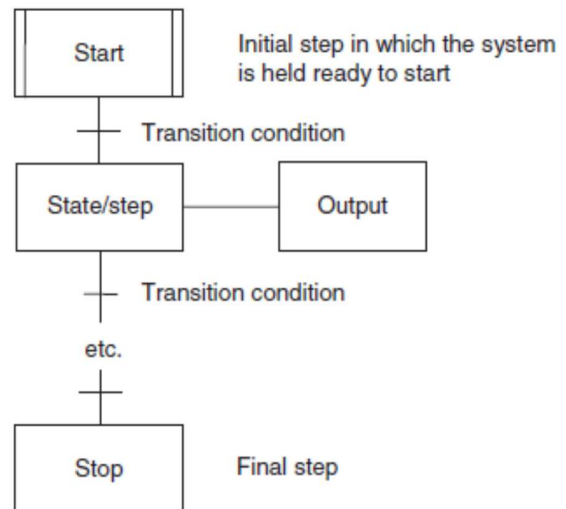


Fig 9, Secuencia de estados de un semáforo simple, Bolton

G. Interface Hombre Máquina (HMI)

Las pantallas HMI por sus siglas o Interfaz Hombre Máquina son elementos utilizados en procesos de control industrial que sirven para optimizar los procesos pues brindan un mayor control visual del trabajo que están

desempeñando las máquinas, a pesar de su costo la pantalla es una opción que sirve para cumplir con el objetivo de aumentar la capacidad de producción sin que sea necesario aumentar el tamaño de la fuerza de trabajo.

III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En esta sección se va a explicar la construcción del módulo de entrenamiento electroneumático, además se analiza los criterios de selección de los materiales utilizados en dicho módulo, y terminando con la realización de las prácticas planteadas con el controlador y los elementos actuadores.

A. Selección de los cilindros neumáticos

Existen numerosas marcas que ofrecen garantía y confiabilidad en los actuadores neumáticos, las características funcionales son similares pero difieren en la construcción ya que existen de algunos materiales, la mejor manera de seleccionar cuales elementos son los adecuados, es analizar las características que poseen mirándolo desde un punto de vista aplicativo y económico para este caso.

TABLA III

ESPECIFICACIONES DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS DE LAS SERIES RAL - RA

Carrera del Pistón (mm)	32	40	50	53	80	100
Tipo de activación	Doble efecto/ Simple efecto					
Medio de trabajo	Aire limpio (25 u de filtración)					
Presión de Trabajo (Bar)	1 - 10					
Presión Máxima (Bar)	15					
Temperatura de y Trabajo (°C)	-5 - 70					
Rango de velocidad (mm/s)	10 - 1000					
Tipo de amortiguador	Cojin anti golpe / Amortiguador Regulable					
Conexiones neumáticas	M5x0.8			G 1/8		

Tras la selección de los actuadores adecuados se investiga un parámetro fundamental para la utilización de los cilindros, se refiere el consumo de aire, el cual será necesario conocer para la implementación de la fuente de aire comprimido.

B. Consumo de aire en los cilindros neumáticos

El consumo de aire de un cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón y de la carrera. La ecuación matemática para calcular el consumo de aire en los actuadores es:

$$Q = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n$$

Siendo: Q = Consumo total del aire en [dm^3/min].

D = Diámetro del cilindro [mm].

l = Carrera en [mm].

n = Ciclos por minuto.

La selección del compresor dependerá del caudal necesario que este pueda suministrar al circuito neumático, si el compresor tiene un volumen superior a 200 000 cm^3 , este será el adecuado para realizar este proyecto.

C. Selección del controlador lógico programable

Dentro de la familia de los controladores existen de varios tipos, marcas y funcionalidades; cada uno con diferentes características que permiten ser utilizados en cualquier área de la automatización.

Los PLC's S7 1200 brindan confianza por su funcionalidad, factibilidad económica y aplicación en

cualquier campo que se disponga. La familia de los SIMATIC cuenta con diferentes modelos de CPU, para la selección del PLC adecuado es necesario analizar las características técnicas que ofrece el manual de usuario.

TABLA IV

IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CPU 1212C

Función	CPU 1211C	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB
	Carga	1 MB
	Remanente	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas
	Analógico	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes
Área de marcas (M)	4096 bytes	4096 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)	Ninguna	2
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)	3	3

Luego de seleccionar la CPU que se utilizará, se procede a conocer las referencias técnicas que ofrece el controlador, es indispensable que se analice parámetros eléctricos y técnicos, los primeros para seleccionar una protección adecuada y los técnicos para saber que ofrece la CPU en funcionamiento.

Algo importante en los controladores es saber cuántas entradas y salidas dispone y de qué tipo, además si dispone de comunicación con otros elementos de control, por ejemplo, HMI, módulos de expansión, etc.,

Gracias a los creadores de este PLC se dispone de un manual de usuario donde se puede conocer todas las características necesarias sobre este tipo de controlador, dentro de este existe hasta la forma de conexión y detallado cada elemento que constituye al PLC.

TABLA V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CPU 1212C

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Referencia	6ES7 212-1BE31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75
Peso de envío	425 gramos
Disipación de potencia	11 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé	
Rango de tensión	85 a 264 V AC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	
Intensidad de entrada (carga máx.)	sólo CPU	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC
	CPU con todos los accesorios de ampliación	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	
Aislamiento (alimentación de entrada a lógica)	1500 V AC	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de alimentación)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta	

D. Diseño del módulo de entrenamiento

El módulo de pruebas electro-neumáticas constará de tres etapas, la primera ubicada en la parte superior estará dispuesta a ubicar los elementos electro-neumáticos sobre un panel metálico, la segunda etapa está dispuesta al tablero de control eléctrico y por último la etapa donde se alberga la fuente de aire comprimido.

1) Protecciones eléctricas del tablero de control.

El tablero de control será quien comande prácticamente todo el módulo de pruebas electroneumáticas, el diseño está

objetado en proyecciones futuras, es decir, no solamente será útil para electroneumática, sino también para prácticas en las que incluya el control automático

Por esta razón el tablero de control dispone de dos protecciones:

-Circuito de control.- El circuito de control comprende los elementos más sensibles del tablero como son: PLC, HMI, sensores, relés, electroválvulas y luces piloto, para esto se ha dispuesto de una protección de 6 A.

-Circuito de fuerza.- Para el circuito de fuerza se ha dispuesto una protección más elevada puesto que se espera que el módulo sea a futuro un equipo que pueda adaptarse a motores, máquinas, etc., para esto se ha dispuesto breaker de 20 A.

2) Parte interna

La parte interna alberga los elementos de control para el módulo electromecánico, está dividido en tres secciones rodeado de canaleta de 25x25x20mm, esto será el camino para el conductor eléctrico. En la parte superior se ubica las protecciones y el controlador; en la parte media se ubican los relés los cuales están conectados a las salidas digitales del PLC y finalmente en la parte inferior se ubica las borneras que permiten la conexión con la parte externa del tablero.

3) Parte externa

En la parte externa es donde se ubica como elemento importante la pantalla HMI, la cual servirá de comunicación entre el estudiante y el PLC, además se ubica las luces piloto, pulsadores y borneras de conexión, cada elemento de esta sección cuenta con la señalización e identificación de cada elemento.

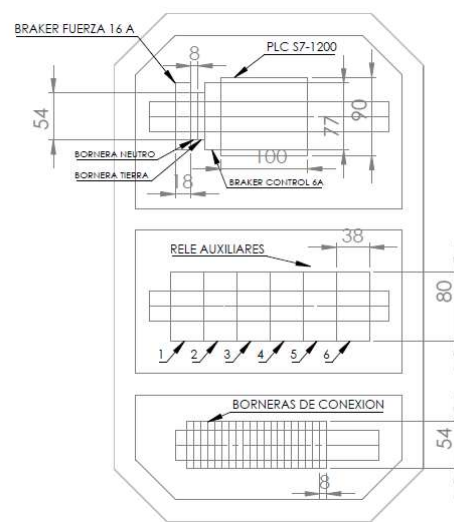


Fig. 10 Diseño de la vista interior del tablero de control

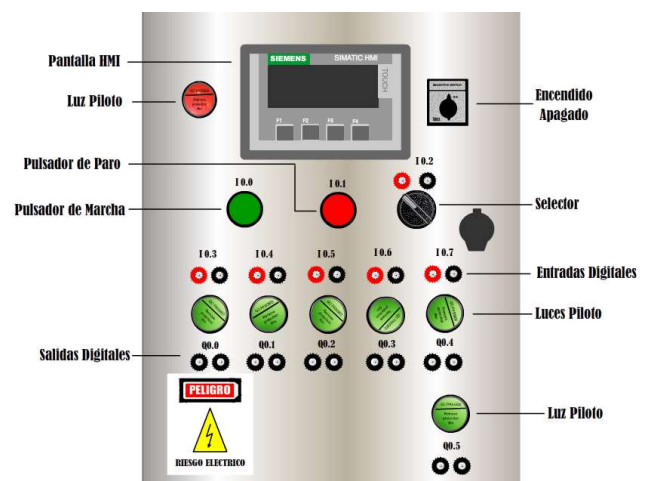


Fig. 11 Diseño de la vista exterior del tablero de control

E. Construcción del tablero

La construcción del tablero se realizó partiendo de un módulo de soporte en el cual se ubican todos los equipos necesarios para las prácticas electroneumáticas.

1) Mueble de soporte y panel de elementos

El mueble de soporte se lo construyó de madera dispuesto de cajoneras en las cuales se pueda guardar los elementos neumáticos para un mayor orden en el laboratorio, el panel de elementos es de aluminio con ranuras de sujeción para que en él se puedan ubicar los cilindros y electroválvulas como así lo dispone en estudiante.

2) Entradas digitales

En el siguiente diagrama se muestra la conexión de las entradas digitales, las cuales estarán dispuestas para los sensores magnéticos, los pulsadores y selector.

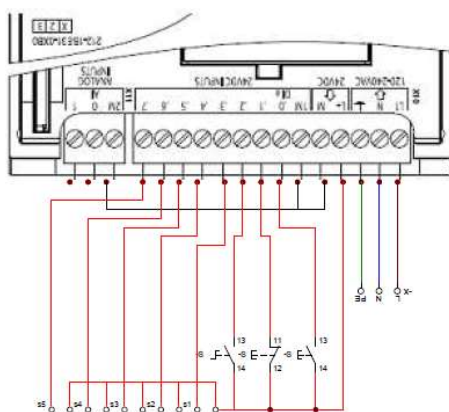


Fig. 12 Diagrama de cableado para las entradas digitales

3) Salidas digitales

Las salidas digitales son las que recibirán la señal del PLC para su activación y desactivación, estas estarán conectadas a las electroválvulas las cuales permitirán el paso o el corte del flujo de aire comprimido.

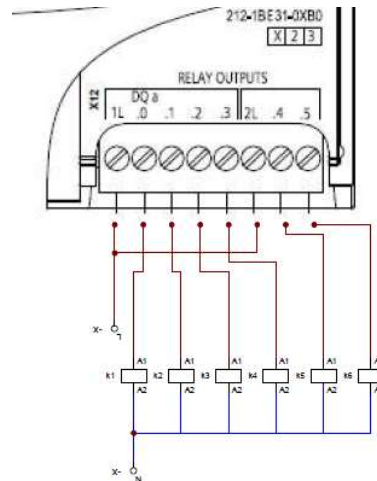


Fig. 13 Diagrama de cableado para las salidas digitales

IV. CONCLUSIONES

Queda claro que para cualquier tipo de control automático es necesario contar con un controlador adecuado para la aplicación, los sistemas automáticos optimizan los procesos de una manera eficiente técnicamente y económicamente.

Para la selección del controlador se debe analizar cuidadosamente las características técnicas que ofrecen cientos de marcas de PLC, además de establecer los procesos al que será sometido el controlador para así elegir el ideal.

El resultado que se obtuvo de esta investigación es el aprendizaje técnico de estos elementos nuevos que han sido

construidos con el fin de optimizar procesos industriales, además que servirá para que el aprendizaje se transmita a generaciones nuevas para que ellos apliquen el conocimiento adquirido en situaciones laborales futuras.

RECONOCIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a Dios, por darme la vida y la fortuna de tener personas que me han apoyado durante todo este camino, a mis Padres: Sr. Bayardo Lucero y Sra. Yolanda Narváez, a quienes les debo la dicha de vivir y estar donde estoy, un agradecimiento especial al Ing. Mauricio Vásquez tutor de este trabajo de investigación y al Ing. David Chiza quien fue una guía imprescindible en este trabajo. Gracias a todas las personas a quienes debo mi conocimiento entre ellos: Ing. Pablo Méndez, Ing. Hernán Pérez, Ing. Ramiro Flores, e Ing. Claudio Otero.

REFERENCIAS

- [1] BALCELLS J. (1998) *Autómatas programables*, Barcelona: Marcombo.
- [2] BOLTON W. (2006) *Sistemas de control electrónico en Ingeniería eléctrica y electrónica*, México D.F.: Alfaomega.
- [3] BUENO, A. S/A. *Simbología Neumática e Hidráulica*, S/E
- [4] CARULLA, M. & LLADONOSA V. (1993) *Circuitos básicos de neumática*, Barcelona: Marcombo.
- [5] CREUS A. (2007) *Neumática e Hidráulica*, México D.F.: Alfaomega.
- [6] DANERI P. (2008) *Automatización y control industrial*, Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A.
- [7] DEPPERT W. & STOLL K. (2007) *Aplicaciones de la neumática*, Barcelona: Marcombo.
- [8] EBEL F. (2009) *Fundamentos de neumática y electroneumática*, Denkdorf: S/E.
- [9] GARCÍA E. (2001) *Automatización de procesos industriales*, México D.F.: Alfaomega.
- [10] INTERNATIONAL TRAINING (2002) *Neumática*, Madrid: Prainfo
- [11] LLADONOSA V. (1997) *Circuitos básicos de electroneumática*, Barcelona: Marcombo.
- [12] LLADONOSA, V. (2000) *Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos*, Barcelona: Marcombo.
- [13] MAJUMDAR, S. (1997) *Sistemas neumáticos principio y mantenimiento*, New York: McGraw Hill.
- [14] SENA (2013) *Los PLC en los sistemas SCADA*, Bogotá: S/E.
- [15] SERRANO N. (2009) *Neumática práctica*, Madrid: Paraninfo.

Design and implementation of a module for electroneumatic tests controlled trials PLC and HMI screen

Erick Sebastián Lucero Narvárez

Technical University North, FICA

sebastian_esln@hotmail.com

Abstract- This research work is to present the electro technology, its main benefits and applications based on the implementation of a training module controlled PLC and HMI screen for performing electro practices. In principle, it takes a look at the automation systems in general, electro elements and control devices; after specified depth why each selected device, moving into its constitution analysis, implementation and operation then indicate the elaborate practices that will be worked with the training module.

I. INTRODUCTION

Automatic systems today have become necessary tools for manufacturing and mass production, large industries have chosen to access automata systems in order to optimize the quality of their products and improve the economy of the company.

The development of this project is to build a training module for electro processes, they are immersed in the field of industrial production; with the firm intention to instruct students on the operation and implementation of automated systems, which will result in the enrichment of technical knowledge and more efficient development within the workplace.

II. DEVELOPMENT OF CONTENTS

The development of this project is based in the first instance in the knowledge of pneumatic technology and the generation of compressed air, followed by this execution elements (cylinders, solenoid valves, silencers, etc.) and control elements is analyzed (PLC and HMI screen) to complete the selection of the elements to be included in the training module.

A. Importance of pneumatics

The air is such a versatile technology that is used not only in industries but also in mining, medicine, robotics, industry in all areas, etc., being the latter the largest field of application, the host of this it has given way to technology that processes become more efficient and work is of better quality. It is said that if industries to be competitive and grow technical and economically must have necessarily pneumatic elements.

The advantages of using pneumatic are the low cost of its components, ease of design and implementation and low torque or low force that can develop at low pressures working what constitutes a safety factor. "See [5]"

B. Generation of compressed air

Pneumatics to feed a part of compressed air generation is needed, so the air is stored in a reservoir for pressure therein it is believed to be expelled and have a force capable of moving the pneumatic elements. The elements responsible for generating compressed air are called "compressors" of these two types:

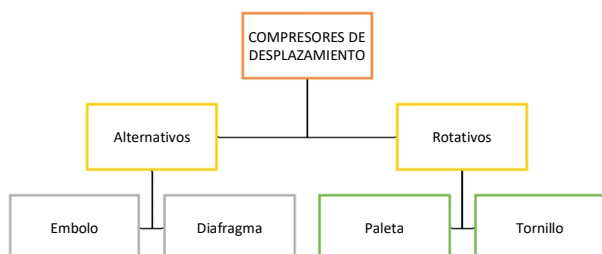


Fig.1 Types of compressors, Author

The difference between these types of compressors is their adaptability and construction. Alternative use an embolus generating high pressure air; while rotating resemble as an electric motor have a stator and a rotor for generating compressed air.

C. Pneumatic Actuators

The work done by a pneumatic actuator may be linear or rotary. The linear movement is obtained by cylinder piston; these also provide rotational movement with an angle of 270° by means of actuators pallet type and rack-pinion, and pneumatic motors rotate continuously. "See [10]"

Pneumatic actuators are classified into three groups:

- Linear actuators
- Rotary Actuator
- Special Actuators

The difference between the pneumatic actuators is its operating mechanism, linear actuators are designed to generate a linear movement of attraction and repulsion, rotary actuators generate a rotational movement from 0° to 360° and finally the special actuators combine linear and rotary movements.

D. Elements of electro-pneumatic control

Electro-pneumatic control elements are responsible for controlling the flow of compressed air from electrical signals generated by the control elements.

1) Solenoid

The electrically operated control valves or solenoid valves, form the link between the two parts of an electropneumatic control system. These valves switch reacting to output signals from the control unit and block or open air passage in the functional part. "See [8]"

In order to classify the solenoid valves it is feasible to differentiate by the number of routes and positions that these have, for them we have:

- Solenoid valve 2/2 distributor.
- Solenoid valve 3/2 distributor.
- Solenoid valve 4/2 distributor.
- Solenoid valve 5/2 distributor.
- Solenoid valve 5/3 distributor.

Tipo de válvula	Símbolo	Aplicaciones
Válvula de 2/2 vías, servopilotada, reposición por muelle		Función de cierre
Válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente cerrada)		Cilindro de simple efecto
válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente abierta)		Conexión y desconexión de la alimentación de aire comprimido
Válvula servopilotada de 4/2 vías, reposición por muelle		Cilindro lineal o giratorio de doble efecto
Válvula servopilotada de 5/2 vías, reposición por muelle		

Fig. 2 Types of solenoid valves, pneumatic and electro fundamentals

FESTO

2) Conversion of pneumatic signals into electrical signals

To perform this process requires the variable pressure; the valve is actuated when the pressure reaches a certain value,

when this happens the mechanism generates an electrical signal that activates the solenoid valve and allow the passage or closure of compressed air. The pneumatic signal pressure acts against the adjustable spring.

3) Transformation of electrical signals into pneumatic signals

To do this electromagnetic valves which are intended to fulfill the function of converting electrical signals into pneumatic used, these devices are composed of:

- A pneumatic valve.
- A coil which activates the valve.

E. Elements of electrical control

The electric control elements are those designed to generate and interrupt the flow of electrical current through internal circuitry, within this group of elements are: sensors and relays.

1) End career sensors or reed switch

Magnetic Reed Switch sensors or switches are activated in the presence of magnetic fields. When is normally open contacts are closed and normally closed when it is open.

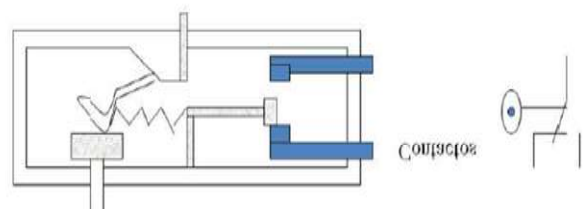


Fig 3 Limit switch, pneumatics course Inst. Berlin

2) Relays

It is an electromagnetic device, which functions as controlled by an electric circuit in which, by means of a coil and a magnet, a set of one or more contacts that allow opening or closing other independent circuits is actuated switch.

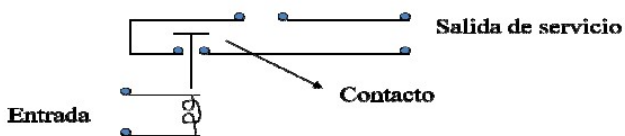


Fig.4 Principle of operation of a relay, pneumatics course Inst. Berlin

F) Programmable Logic Controller

A programmable logic controller allows for a communication between the user and the machine, which enables it to monitor a process or perform a sequence of actions automatically. The programmer executes instructions sequentially, from the information that comes to its inputs from sensors, and this is where decides when to switch their outputs which are connected actuators. "See [6]"

1) PLC architecture

The PLC is made up of five functional units:

- CPU or processor
- Power supply
- Input Cards
- Output Cards
- Communication Interface

These units make it possible PLC running as an independent, versatile and functional machine, each unit performs a specific function controlled from the processor.

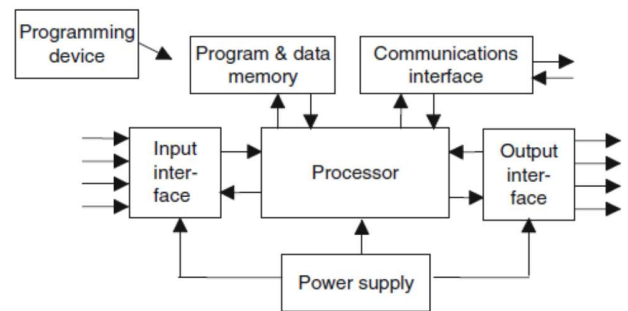


Fig.5 system PLC, Bolton

2) Types of drivers

Controllers can be divided into two main groups:

- Modular
- Compacts

The difference between these two groups lies in the physical structure, modular controllers can increase their technical properties through adaptation to other elements, while the compact type contains physical properties specifically and these can not be increased. "See [6]"

TABLE I
MODULAR CONTROLLERS ADVANTAGES AND
DISADVANTAGES

Modular Programmable logic controllers	
Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> • Possible failures in the affected parts can be replaced individually. • The general characteristics are user equipment built by adapting the different modules. • For the technological advances nowadays you can be found modules as a complete compact controller. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment's are showing greater complexity for installation and maintenance. • Increased use of physical space. • Highest for the acquisition of different modules separately costs.

TABLE II
ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMPACT CONTROLLERS

Compact programable logic controllers	
Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> • Provide the power needed to control a variety of devices. • Reduced physical space. • Can relate to expansion modules. • Low costs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depending on the model there are insufficient for performing certain functions characteristics. • Possible flaws in some of the controller can affect any equipment having to be replaced in its entirety to solve the problem.

3) Programming Language

The programming language is considered the software on the structure of the PLC, it is the way of communication between the user and the PLC so that it can perform the task assigned automatically. Among the programming languages there are some of which the most used are:

- Programming Ladder (LAD).
- Function Block Diagram (FBD).
- Instruction List (LI).
- Sequential Function Chart (SFC).

a) Programming Ladder (LAD) .- The ladder programming can be easier to understand if you work in environments electricity and electronics, to better understand this type of programming is part of a simple electrical circuit shown below:

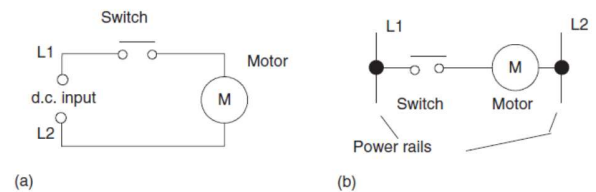


Fig 6 a) Representation electric, b) Representation Ladder, Bolton

b) Function Block Diagram (FBD). - The functional block diagram is "Graphic Language where all program functions are represented by logical or arithmetic blocks. This language allows both sequential and parallel processing. "See [14]"

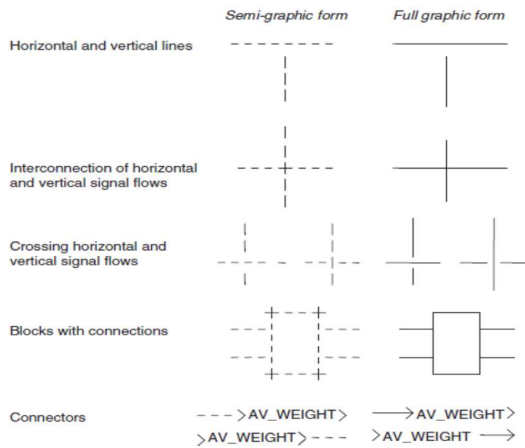


Fig 7 Basic Ladder Diagrams, Bolton

c) List of instructions. - The list of instructions is a set of symbolic codes that indicate an instruction that the user gives the program so that it can be executed. The user must use their own codes and a different nomenclature for naming system variables.

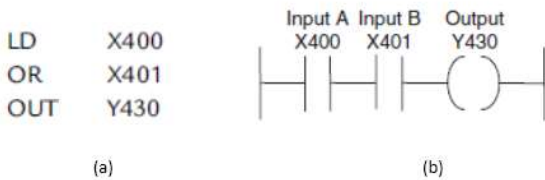


Fig 8 shows Program AND (a) Instruction List, (b) Ladder, Bolton

d) Sequence Function Chart (SFC).- This kind of language resembling a flowchart are rectangles representing each state of the program and the vertical and horizontal lines represent the next state to follow the program as has been instruction.

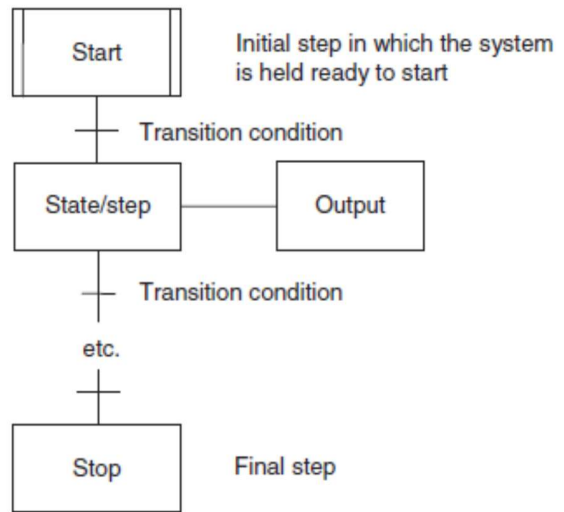


Fig 9 sequence of states of a single traffic light, Bolton

G. Human Machine Interface (HMI)

The HMI screens for short or Human Machine Interface are elements used in industrial control processes that serve to optimize processes because they provide greater visual control of work they are playing the machines, despite their cost screen is an option that serves to meet the objective of increasing production capacity without the need to increase the size of the workforce.

III. DEVELOPMENT OF THE PROPOSAL

This section will explain the construction of electro training module, plus the selection criteria of the materials used in the module is analyzed, and ending with the realization of the practices raised with the controller and actuators.

A. Selection of pneumatic cylinders

There are numerous brands that offer security and reliability of pneumatic actuators, the functional characteristics are similar but differ in construction since there are some materials, the best way to select which items are appropriate, is to analyze the characteristics possessed by looking from applicative and economic point to this case view.

TABLE III

SPECIFICATIONS SERIES pneumatic cylinders RAL - RA

Carrera del Pistón (mm)	32	40	50	53	80	100
Tipo de activación	Doble efecto/ Simple efecto					
Medio de trabajo	Aire limpio (25 u de filtración)					
Presión de Trabajo (Bar)	1 - 10					
Presión Máxima (Bar)	15					
Temperatura de y Trabajo (°C)	-5 - 70					
Rango de velocidad (mm/s)	10 - 1000					
Tipo de amortiguador	Cojin anti golpe / Amortiguador Regulable					
Conexiones neumáticas	M5x0.8			G 1/8		

After the selection of suitable actuators for use a key cylinder is investigated parameter refers air consumption, which will be known to implement the source of compressed air.

B. Consumption of air in the pneumatic cylinders

Air intake air cylinder is a function of the compression ratio of the piston area and the race. The mathematical equation to calculate the air consumption in the actuators is:

$$Q = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n$$

Where: **Q** = total air consumption [dm³ / min].
D = diameter of the cylinder [mm].
l = Race in [mm].
n = cycles per minute.

The selection depends on the flow compressor necessary that this may provide the pneumatic circuit, if the compressor has more than 200,000 cm³ volume, this will be right for this project.

C. Selection of the programmable logic controller

Within the family of controllers are of various types, brands and functionality; each with different features to be used in any area of automation.

1200 S7 PLCs provide confidence for its functionality, economic feasibility and implementation in any field becomes available. The SIMATIC family has different CPU models, for selecting the appropriate PLC is necessary to analyze the technical features that the user manual.

TABLE IV

IDENTIFICATION OF PHYSICAL CHARACTERISTICS CPU 1212C

Función	CPU 1211C	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB
	Carga	1 MB
	Remanente	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas
	Analógico	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes
Área de marcas (M)	4096 bytes	4096 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)	Ninguna	2
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)	3	3

After selecting the CPU to be used, it is necessary to know the technical references provided by the controller, it is essential that electrical and technical parameters are analyzed, the first to select adequate protection and technicians to learn that provides the CPU running.

Something important is to know how many controllers inputs and outputs available and what type, also if you have

communication with other control elements, for example, HMI, expansion modules, etc.,

Thanks to the creators of this PLC is available a manual where you can meet all the necessary features for this type of controller, within this there until the connection form and detail each element constituting the PLC.

TABLE V
TECHNICAL SPECIFICATIONS CPU 1212C

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Referencia	6ES7 212-1BE31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75
Peso de envío	425 gramos
Disipación de potencia	11 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé
Rango de tensión	85 a 264 V AC
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz
Intensidad de entrada (carga máx.)	sólo CPU 80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC CPU con todos los accesorios de ampliación 240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC
Aislamiento (alimentación de entrada a lógica)	1500 V AC
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.
Tiempo de mantenimiento (pérdida de alimentación)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta

D. Design training module

The module electro-pneumatic tests consist of three stages, the first located at the top will be willing to locate electro-pneumatic elements on a metal panel, the second stage is

disposed at electrical control panel and finally the stage where houses the source of compressed air.

1) Electric protection of the control panel.

The control panel is who will command almost the entire electropneumatic module testing, the design is challenged in future projections, ie, it will not only be useful for electro but also for practices that include automatic control

For this reason the control board has two protections:

- **Circuit control.**- The control circuit comprises the most sensitive elements of the board such as: PLC, HMI, sensors, relays, solenoids and pilot lights for this is provided a protection 6 A.

- **Circuit strength.**- For power circuit is provided greater protection since the module is expected to be in the future a team that can adapt to engines, machines, etc., for this is provided breacker 20 A .

2) Inner part

The inner part houses the control elements for the electromático module is divided into three sections surrounded by trough 25x25x20mm, this will be the way for the electrical conductor. At the top of the protections and the controller is located; in the middle of the relays which are connected to the digital outputs of the PLC and finally at the bottom terminal blocks that allow connection to the outside of the board stands are located.

3) External part

On the outside is where it is located as an important element the HMI screen, which serve communication between the student and the PLC, besides the pilot, buttons and terminal block connection lights are located, each element of this section has signage and identifying each item.

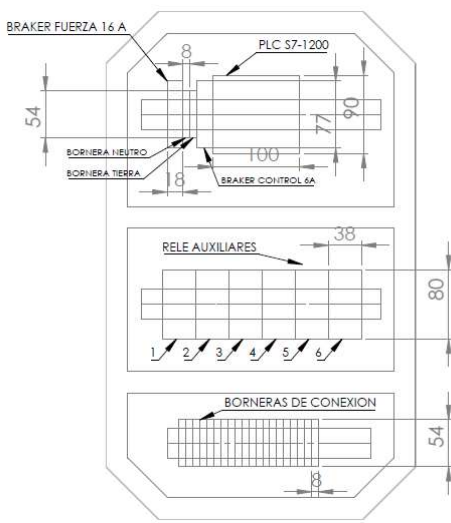


Fig 10 Design interior view of the control board

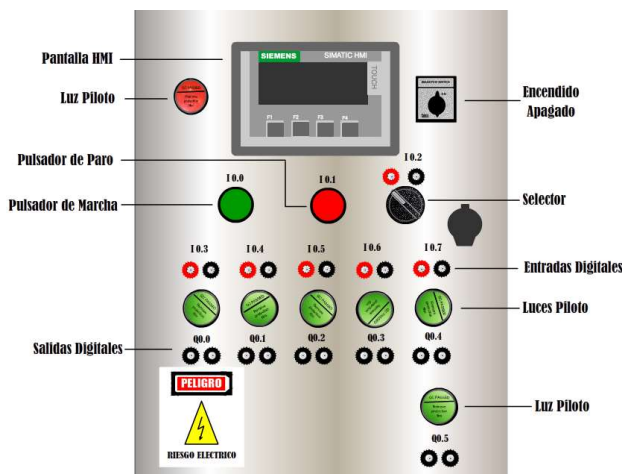


Fig. 11 design exterior view of the control board

E. Construction Board

Panel construction was carried out starting from a support module in which all the necessary equipment for electro practices are located.

1) Furniture and panel support elements

The supporting cabinet is built it out of wood arranged drawers in which they can keep the pneumatic elements for greater order in the laboratory, the panel elements is aluminum with retaining slots so that it can locate the cylinders and solenoid valves and so provide a student.

2) Digital Inputs

The following diagram shows the connection of the digital inputs is shown, which will be arranged for magnetic sensors, pushbuttons and selector.

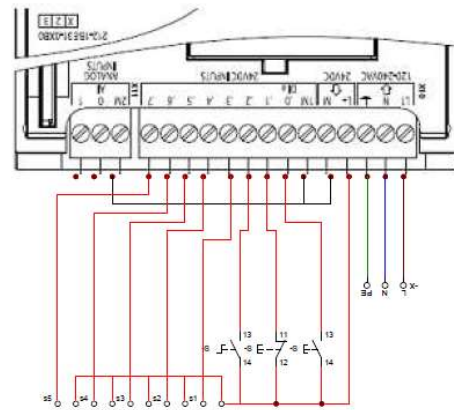


Fig. 12 Wiring diagram for the digital inputs

3) Digital outputs

The digital outputs are those that receive the signal from the PLC for activation and deactivation, you will be

connected to the solenoid valves which allow the passage or cutting the compressed air flow.

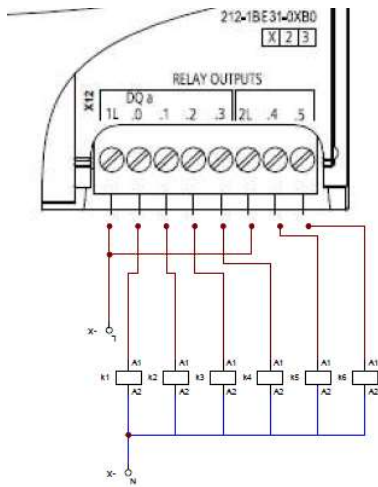


Fig. 13 Wiring diagram for the digital outputs

IV. CONCLUSIONS

It is clear that for any type of automatic control is necessary to have a suitable driver for the application, automatic systems optimize processes technically and economically efficient manner.

For the selection of the controller should carefully analyze the technical features offered girdles PLC brands, besides establishing processes that will be submitted to the controller in order to choose the ideal.

The result obtained from this research is the technical learning of these new elements that have been built in order to optimize industrial processes, and which will serve for learning new generations is transmitted so that they apply acquired knowledge in work situations future.

SURVEYS

My eternal gratitude to God for giving me life and fortune to have people who have supported me throughout this journey, my parents. Mr. Bayardo Lucero and Mrs. Yolanda Narvaez, who owe the joy of living and be where I am, a special thanks to Ing. Mauricio Vasquez tutor of this research and Ing. David Chiza who was an indispensable guide in this work. Thanks to all the people to whom I owe my knowledge including: Ing Pablo Mendez, Ing Hernán Pérez, Ing. Ramiro Flores, and Ing. Claudio Otero.

REFERENCES

- [1] BALCELLS J. (1998) *Autómatas programables*, Barcelona: Marcombo.
- [2] BOLTON W. (2006) *Sistemas de control electrónico en Ingeniería eléctrica y electrónica*, México D.F.: Alfaomega.
- [3] BUENO, A. S/A. *Simbología Neumática e Hidráulica*, S/E
- [4] CARULLA, M. & LLADONOSA V. (1993) *Circuitos básicos de neumática*, Barcelona: Marcombo.
- [5] CREUS A. (2007) *Neumática e Hidráulica*, México D.F.: Alfaomega.
- [6] DANERI P. (2008) *Automatización y control industrial*, Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A.

- [7] DEPPERT W. & STOLL K. (2007) *Aplicaciones de la neumática*, Barcelona: Marcombo.
- [8] EBEL F. (2009) *Fundamentos de neumática y electroneumática*, Denkendorf: S/E.
- [9] GARCÍA E. (2001) *Automatización de procesos industriales*, México D.F.: Alfaomega.
- [10] INTERNATIONAL TRAINING (2002) *Neumática*, Madrid: Praninfo
- [11] LLADONOSA V. (1997) *Circuitos básicos de electroneumática*, Barcelona: Marcombo.
- [12] LLADONOSA, V. (2000) *Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos*, Barcelona: Marcombo.
- [13] MAJUMDAR, S. (1997) *Sistemas neumáticos principio y mantenimiento*, New York: McGraw Hill.
- [14] SENA (2013) *Los PLC en los sistemas SCADA*, Bogotá: S/E.
- [15] SERRANO N. (2009) *Neumática práctica*, Madrid: Paraninfo.