



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## EXTENSIÓN LA MANÁ

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

#### CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título Ingeniero Electromecánico

**Autor:**

Chevez Barba Robinson Eduardo

**Directora:**

Ing. Castillo Fiallos Jessica Nataly M.Sc.

La Maná- Ecuador

Agosto-2017

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Chevez Barba Robinson Eduardo, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS”**, siendo la M. Sc. Castillo Fiallos Jessica Nataly, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Chevez Barba Robinson Eduardo  
C.I. 120556962-5

## **AVAL DEL DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS”**, del estudiante Chevez Barba Robinson Eduardo de la Carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 14 de Julio 2017

El Tutor



Ing. Jessica Castillo Fiallos M.Sc.  
C.I: 060459021-6

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Chevez Barba Robinson Eduardo, con el título de proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, Julio 2017

PhD. Yoandrys Morales Tamayo  
C.I: 175695879-7  
Lector 1 (PRESIDENTE)

Ing. Fernando Jácome Alarcón. M.S.c  
C.I: 050247562-7  
Lector 2

Ing. Vásquez Carrera Paco Jovanni M. Sc.  
C.I: 050175876 – 7  
Lector 3

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por estar entre nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido un soporte y compañía durante todo el periodo de estudio y por darnos fuerza y sabiduría para continuar creciendo y poder culminar satisfactoriamente esta prestigiosa carrera.

**Robinson**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto lo dedico a mis padres por estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. Les doy gracias por sus enseñanzas por su amor único y desinteresado y por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona, estudiante y profesional.

También quiero dedicar este logro a mi esposa e hijos que los quiero mucho y por quienes me levanto día a día por darles un futuro mejor, compañeros de aula y amigos, con los que pasé buenos y malos momentos pero que con la ayuda de Dios supimos enfrentar todas las adversidades que se nos presentó.

**Robinson**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS”

**Autor:** Chevez Barba Robinson Eduardo

**RESUMEN**

Este proyecto de investigación tiene por objeto el desarrollo de práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC Simatic S7-1200 para el control de electroválvulas. El módulo controla las variables como presión, en forma amigable. El principal componente es un controlador lógico programable PLC y un HMI (interfaz hombre maquina) el mismo que se encargará de realizar el control del sistema y adquirir los datos de medida que el sensor de temperatura comience a leer, y compararlos con el valor deseado (set point). El sistema tiene la capacidad de ser operado en modo manual o automático desde el panel de operador (control local) o desde una estación remota o computador se podrá visualizar el comportamiento del bloque PID para realizar comparaciones y realizar ajustes finos de proceso. El control y monitoreo del sistema se lo realiza de manera remota a través de una red o PC comunicada con el PLC (Control Lógico Programable), y de manera local a través de los respectivos elementos de maniobra ubicados en el panel didáctico. Se diseña un Scada (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en una HMI (Interfaz Hombre Maquina) el control y monitoreo de los módulos, así como para guardar datos históricos. Además se desarrolla un sistema de generación de alarmas de fallas de cada módulo y también se configuran de manera remota los puntos de consigna de las variables de PLC, siempre y cuando el usuario tenga el nivel de acceso adecuado para el mismo. Se procura conseguir con dicho Scada un nivel de seguridad óptimo tanto para las personas que trabajan cerca del módulo, como para mantener todos los procesos en un funcionamiento correcto. Este prototipo ayuda al estudiante o lector junto al profesor guía, poder fomentar el desarrollo y la investigación, creciendo profesionalmente y con más oportunidades de trabajo al nivel industrial.

**Palabras claves:** Controlador, control, eficiencia, proceso, temperatura.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**

**TITLE:** "DEVELOPING MOTORING PRACTICE THROUGH A DYNAMIC MODULE WITH THE SIMATIC S7-1200 PLC FOR THE CONTROL OF SOLENOID VALVES"

**Author:** Chevez Barba Robinson Eduardo

**ABSTRACT**

This research project aims to develop motoring practice through a didactic module with the Simatic S7-1200 PLC for the control of solenoid valves. The module controls the variables as pressure, in a friendly way. The main component is a PLC programmable logic controller and an HMI (human machine interface) which will control the system and acquire the measurement data that the temperature sensor to reads, and compares them with the desired value ( Set point).The system has the ability to be operated in manual or automatic mode from the HMI device (local control) or from a remote station or computer the behavior of the PID block can be visualized to make comparisons and make fine process adjustments. The control and monitoring of the system is done remotely through a network or PC communicated with the PLC (Programmable Logic Control), and locally through the respective maneuver elements located in the didactic panel.A Scada (Supervision, Control and Data Acquisition) is designed in an HMI (Man Machine Interface) the control and monitoring of the modules, as well as to save historical data. In addition, a fault alarm generation system is developed for each module and the setpoints of the PLC variables are also configured remotely, as long as the user has the appropriate access level for the module. We try to achieve with this Scada an optimal level of safety both for people working near the module and to keep all processes in proper operation. This prototype helps the student or reader with the teacher guide, to bring up development and research, growing professionally and with more job opportunities at the industrial level.

**Key words:** Controller, control, efficiency, process, temperature.





Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Centro  
de  
Idiomas

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CENTRO DE IDIOMAS

La Maná – Ecuador


### CERTIFICADO

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que: La traducción de la descripción del Proyecto de Investigación al Idioma Inglés presentado por la señor egresada: Chevez Barba Robinson Eduardo cuyo título versa **“DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉZ DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL DE ELECYTOVÁLVULAS”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

La Maná, 04 de Agosto 2017

Atentamente

  
Ldo. Kevin Rivas Mendoza  
**DOCENTE**  
C.I. 1311248049

## ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
CERTIFICADO .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
INDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS .....	4
6.1. Objetivo General.....	4
6.2. Objetivos Específicos.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
8.1. Automatización Industrial.....	6
8.2. Pantallas HMI .....	7

8.1.1.	Características del HMI .....	9
8.2.	Introducción a los PLC .....	9
8.2.1.	Autómatas programables.....	9
8.2.2.	Ventajas de los sistemas automáticos industriales (SAI) con base en PLC .....	10
8.2.3.	La constitución de un controlador lógico .....	11
8.2.4.	PLC Siemens S7-1200.....	11
8.3.	Funciones tecnológicas integradas .....	13
8.3.1.	Estructura de un PLC .....	14
8.3.2.	Automatismos eléctricos .....	15
8.3.3.	Interfase de programación y computadora personal .....	15
8.4.	Fuente de alimentación .....	15
8.5.	Software de programación Step 7 .....	16
8.6.	Contactador .....	16
8.7.	CPU 1212C.....	16
8.8.	Electroválvulas.....	18
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	18
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	21
10.1.	Investigación de Campo.....	21
10.2.	Investigación Bibliográfica-Documental.....	22
10.3.	Métodos de Investigación .....	22
10.3.1.	El método inductivo .....	22
10.3.2.	El método deductivo .....	23
10.4.	Técnicas de Investigación .....	23
10.4.1.	La Entrevista.....	23
10.4.2.	La Encuesta.....	23
10.5.	Diseño experimental .....	24
10.6.	Población .....	24
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	24
11.1.	Condiciones ambientales del entorno.....	25
11.2.	Distribución de componentes .....	26

11.3.	Cableado .....	27
11.4.	Alimentación para el PLC .....	28
11.5.	Mantenimiento .....	28
11.5.1.	Mantenimiento preventivo .....	28
11.5.2.	Programación de autómatas programables .....	29
11.6.	Datos Técnicos de los Equipos.....	31
11.6.1.	PLC Simatic S7-1200 .....	31
11.6.2.	Simatic Step 7 Basic V11 Sp2 .....	34
11.7.	Selección de Elementos .....	38
11.8.	Programación del PLC .....	39
12.	IMPACTOS .....	41
13.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	41
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
14.1.	Conclusiones .....	44
14.2.	Recomendaciones.....	44
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
16.	ANEXOS.....	52
A.	Datos informativos personal de la tutora.....	52
B.	Datos personales del investigador .....	53
C.	Tabla del chi cuadrado .....	54
D.	Construcción de la estructura.....	55
E.	Estructurado de canaletas y riel din .....	56
F.	Cableado.....	56
G.	Montaje de motores .....	56
H.	Instalación del PLC.....	57
I.	Culminación del módulo .....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios Del Proyecto.....	3
Tabla 2: Actividades Y Metodologías Para Los Objetivos Específicos .....	5
Tabla 3. Características Del Cpu 1212c .....	17
Tabla 4: Valores Observados Hipotesis General.....	19
Tabla 5: Valores Esperados Hipotesis General .....	20
Tabla 6: Técnicas e instrumentos. ....	24
Tabla 7: Diseño Experimental. ....	24
Tabla 8: Dimensiones de montaje .....	33
Tabla 9: Requisitos De Instalación.....	35
Tabla 10: Selección De Elementos .....	38

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura N° 1: Pantalla Hmi .....	8
Figura N° 2: Plc S7 1200 Y Sus Partes .....	12
Figura N° 3: Diagrama En Bloques De La Estructura De Un Plc .....	14
Figura N° 4: Distribución del chi cuadrado.....	21
Figura N° 5: Esquema De Contactos En Kop.....	30
Figura N° 6: Autómata Programable Con Estructura Modular .....	31
Figura N° 7: Dimensiones De Montaje .....	33
Figura N° 8: Espacio Libre Necesario.....	34
Figura N° 9: Vista Del Portal .....	36
Figura N° 10: Vista del proyecto.....	36
Figura N° 11: Elementos de programación del PLC en Software TIA PORTAL.....	37
Figura N° 12.- Verificar enlaces con PLC.....	40
Figura N° 13.- Enlazar variables del OPC server y el HMI.....	40
Figura N° 14.- Simulación terminada. ....	41

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

<b>1.1. Título del Proyecto:</b>	“Desarrollo de práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC simatic S7-1200 para el control de Electroválvulas”
<b>Fecha de inicio:</b>	La Maná 19 de Octubre del 2016
<b>Fecha de finalización:</b>	La Maná 15 de Julio del 2017
<b>Lugar de ejecución:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi.
<b>Facultad que auspicia:</b>	Faculta de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera que auspicia:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Proyecto de investigación vinculado:</b>	Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.
<b>Equipo de Trabajo:</b>	Ing. Castillo Fiallos Jessica Nataly M. Sc <b>(Ver Anexo 1)</b> Sr.Chevez Barba Robinson Eduardo <b>(Ver Anexo 2)</b>
<b>Área de Conocimiento:</b>	Ingeniería, Industria y Construcción
<b>Línea de investigación:</b>	Procesos industriales
<b>Sub líneas de investigación de la Carrera:</b>	Sistemas Mecatrónicos y Automatización Industrial

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto de investigación tiene por objeto el desarrollo de práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC Simatic S7-1200 para el control de electroválvulas. El módulo controla las variables como presión, en forma amigable. El principal componente es un controlador lógico programable PLC y un HMI (interfaz hombre maquina) el mismo que se encargará de realizar el control del sistema y adquirir los datos de medida que el sensor de temperatura comience a leer, y compararlos con el valor deseado (set point).

El sistema tiene la capacidad de ser operado en modo manual o automático desde el panel de operador (control local) o desde una estación remota o computador se podrá visualizar el comportamiento del bloque PID para realizar comparaciones y realizar ajustes finos de proceso. El control y monitoreo del sistema se lo realiza de manera remota a través de una red o PC comunicada con el PLC (Control Lógico Programable), y de manera local a través de los respectivos elementos de maniobra ubicados en el panel didáctico.

Se diseña un Scada (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en una HMI (Interfaz Hombre Maquina) el control y monitoreo de los módulos, así como para guardar datos históricos. Además se desarrolla un sistema de generación de alarmas de fallas de cada módulo y también se configuran de manera remota los puntos de consigna de las variables de PLC, siempre y cuando el usuario tenga el nivel de acceso adecuado para el mismo.

Se procura conseguir con dicho Scada un nivel de seguridad óptimo tanto para las personas que trabajan cerca del módulo, como para mantener todos los procesos en un funcionamiento correcto. Este prototipo ayuda al estudiante o lector junto al profesor guía, poder fomentar el desarrollo y la investigación, creciendo profesionalmente y con más oportunidades de trabajo al nivel industrial.

**Palabras claves:** Controlador, control, eficiencia, proceso, temperatura.



### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La importancia de la actualización tecnológica en las universidades, es un aspecto fundamental al momento de formar profesionales con suficientes conocimientos prácticos y teóricos, pues el combinar la teoría con la práctica es una de las mejores metodologías de enseñanza aprendizaje en los estudiantes.

La automatización industrial con la aplicación de innovación tecnológica ha cobrado mucha importancia, logrando mejorar los diferentes procesos de producción y fabricación empresarial en el medio de aplicación de nuevos y diversos sistemas de automatización; es evidente la necesidad de afirmar el conocimiento técnico-práctico de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica, al respecto de sistemas inherentes de control, diagramación y ensayos de control industrial.

Por lo cual se ha tomado en consideración el desarrollo de un módulo didáctico utilizando un PLC S7-1200 para el control de sistemas industriales, donde se seleccionaron los componentes necesarios y adecuados para el montaje del módulo, en el mismo los estudiantes tendrán la posibilidad de hacer prácticas para comprender de una mejor manera un control de procesos de electroválvulas. El módulo implementado permite visualizar el control de un proceso en una pantalla HMI en tiempo real, además se cuenta con el accionamiento automático de todos los actuadores de acuerdo al proceso establecido programados en un PLC de gama industrial.

### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: Directos e indirectos.

**Tabla 1:** Beneficiarios del Proyecto

<b>Beneficiarios Directos</b>	<b>Beneficiarios Indirectos</b>
240 alumnos legalmente matriculados en la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná	Chevez Barba Robinson Eduardo  Siete docentes de la Carrera de Electromecánica

**Fuente:** Secretaria Académica Periodo Abril – Agosto 2017

**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

## **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La tecnología hoy en día avanza rápidamente por lo que se requiere tener pleno conocimiento de las herramientas tecnológicas que se utilizan en el campo industrial, el presente proyecto ofrece un sistema de supervisión y control de electroválvulas, logrando un aprendizaje mucho más objetivo, didáctico y efectivo, actualmente la universidad no consta con modelos didácticos en los laboratorios de instrumentación en la cual el alumno pueda familiarizarse en este entorno que hoy día es muy utilizado en el campo industrial especialmente en el sector alimenticio.

El sistema que se utilizará para ayudar a mejorar las prácticas y el conocimiento integral estudiantil es un control de temperatura, el cual permite el control y monitoreo durante el proceso, por medio de un control PID en un lazo cerrado, además podemos obtener datos en tiempo real. Para este caso se elaborara un sistema Scada que permitirá el control y monitoreo por medio de una HMI (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)

En la industria actual es usado bastante este tipo de proyectos muchos más amplios y con más elementos, pero el principio sigue siendo el mismo; este tipo de control minimiza la presencia del personal vigilando las temperaturas, debido a que este tipo de control es más automático por eso son muy usados hoy en día en industria actual. Estas herramientas ofrecen mucha ayuda al estudiante actual y colabora a inmiscuirse más en los procesos industriales visto hoy en día.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

- Desarrollar práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC SIMATIC S7 1200 para el control de electroválvulas.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar cada uno de los equipos necesarios a utilizar en la implementación del módulo didáctico automatizado innovador para el mejoramiento del aprendizaje

- Fundamentar teóricamente sobre conceptos y la función que cumple los dispositivos que conforman el módulo didáctico para demostrar sistemas domóticos en edificios inteligentes.
- Conocer la programación necesaria del PLC Simatic S7 – 1200 para demostrar sistemas domóticos en edificios inteligentes.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2:** Actividades y Metodologías para los objetivos específicos

Objetivos	Actividad	Resultados de la actividades	Descripción de la actividad
Determinar cada uno de los equipos necesarios a utilizar en la implementación del módulo didáctico automatizado innovador para el mejoramiento del aprendizaje	Conocer el funcionamiento de los dispositivos del control de electroválvulas	Realización de prácticas adecuadas de los estudiantes de la Carrera de Electromecánica	Entrevista Encuesta Observación
Fundamentar teóricamente sobre conceptos y la función que cumple los dispositivos que conforman el módulo didáctico para demostrar sistemas domóticos en edificios inteligentes.	Investigar la estructura de un sistema domótico para edificios inteligentes	Actividades de integración Participarán de manera activa de los estudiante demostrando los conocimientos adquiridos en el uso del laboratorio	Objeto de que en la búsqueda de la solución se mejore la práctica académica de los estudiantes
Conocer la programación necesaria del PLC Simatic S7 – 1200 para el control de electroválvulas	Seleccionar materiales. Establecer metodología. Modificar el PLC según la necesidad del proyecto.	Docentes y Alumnos entusiasmados por tener un adecuado equipo de aprendizaje Se fortalecerá los conocimientos de la Comunidad Educativa	Entrevistas a docentes Encuestas a estudiantes

**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Automatización Industrial**

La automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas en la siempre incesante tarea de la búsqueda de la competitividad en un entorno cambiante y agresivo.

La automatización de un proceso industrial, (máquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Dicho automatismo, dicho automatismo en general ha de ser capaz de reaccionar frente a las situaciones previstas de antemano y además frente a imponderables, tener como objetivo situar al proceso y a los recursos humanos que lo asisten en la situación más favorable. (MEDINA, Guadayol, 2010, pág. 94)

La Automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos. La automatización como una disciplina de la ingeniería que es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar, controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. (MEDINA, Guadayol, 2010, pág. 127)

La automatización industrial es una de las herramientas que están adoptando todas las empresas para poder mejorar su productividad y realizar todas sus tareas o brindar sus servicios de una manera más exacta y reduciendo casi al máximo las pérdidas de producción.

El grado de automatización de un proceso viene determinado fundamentalmente por factores de tipo económico y tecnológico, por ello podemos encontrar una gama muy amplia y variada, dependiendo de los objetivos a alcanzar. Sin embargo, el National Bureau of standards (NBS), con el objetivo de aclarar conceptos, ha definido el modelo de

automatización integral de empresas identificando los diferentes niveles que se pueden encontrar, a fin de estructurar e integrar sus fases de producción, diseño y gestión. El modelo propuesto por la NBS corresponde a estos cinco niveles de automatización: Proceso, estación, célula, sección, factoría. (MEDINA, Guadayol, 2010, pág. 134)

## **8.2 Pantallas HMI**

Una interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso. Las HMI podemos definir las como una "ventana de un proceso". Donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

En sistemas de control de elevada complejidad, suele ser imprescindible disponer de esta posibilidad de interacción. En todos estos casos se dota al autómatas programable de un periférico que sirve de interfaz entre el usuario y el proceso o máquina. Este sistema recibe el nombre genérico de Interfaz Humano-Máquina o HMI (Human Machine Interface).

Los sistemas HMI pueden ser un simple panel de operación u OP (Operación Panel) con una pantalla gráfica y un conjunto de pulsadores, un más avanzado sistema de panel táctil o TP Panel, o bien sistemas más complejos basados en un computador industrial con pantalla que puede llegar a realizar funciones SCADA. (MEDINA, Guadayol, 2010, pág. 117)

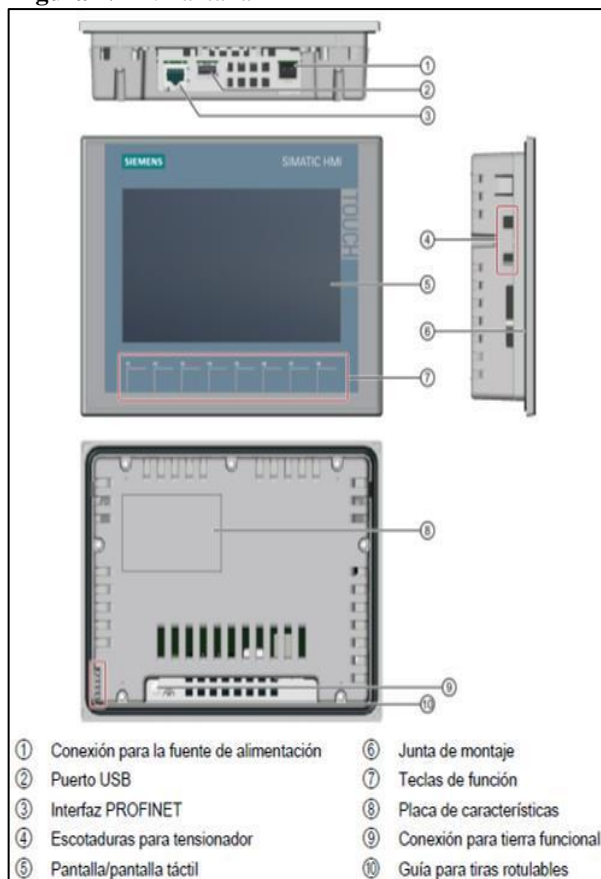
Interacción Hombre-Máquina (IHM) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran. Diseño de Interacción o de Interfaces de Usuario, Arquitectura de Información y Usabilidad.

El diseño de interacción se refiere a la creación de la interfaz de usuario y de los procesos de interacción. La arquitectura de información apunta a la organización y estructura de la información brindada mediante el software.

La usabilidad se aboca al estudio de las interfaces y aplicaciones con el objeto de hacerlas fáciles de usar, fáciles de recordar, fáciles de aprender y eficientes con bajo coeficiente de error en su uso y que generen satisfacción en el usuario. A su vez, se asemeja a una disciplina porque plantea objetivos medibles y métodos rigurosos para alcanzarlos.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control, con la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. (ACOSTA, Oscar, 2013, págs. 11-12)

**Figura N° 1:** Pantalla HMI



**Fuente:** Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

### 8.1.1. Características del HMI

- a) Hardware estándar para distintas aplicaciones: permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
  - b) Posibilidad de modificaciones futuras sin para el proceso; mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajo para la obtención del proceso deseado.
  - c) Posibilidades de ampliación: se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
  - d) Interconexión y cableado exterior: Es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.
  - e) Tiempo de implantación: es muy corto.
  - f) Mantenimiento: es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
  - g) Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
  - h) Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre programado a partir de los valores actuales de variables leídas.
- j) Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
  - k) Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

## 8.2. Introducción a los PLC

### 8.2.1. Autómatas programables

Los autómatas programables o PLC (del inglés programmable logic controller) es un equipo electrónico programable que puede almacenar una secuencia de ordenes (programa) y ejecutarla de forma cíclica con el fin de controlar una tarea en tiempo real, generalmente en el contexto de un proceso industrial. El autómata programable es un elemento robusto, diseñado

especialmente para trabajar en ambientes difíciles, presenta una arquitectura muy similar a la de un ordenador, aunque al contrario que este, está diseñado para operar con múltiples entradas y salidas que conectan el dispositivo a sensores (finales de carrera, sondas de temperatura o presión, medidores de caudal, cámaras, etc.) y actuadores (motores eléctricos, cilíndricos, neumáticos e hidráulico, relés magnéticos, solenoides, salidas analógicas, etc.).

Un PLC puede soportar temperaturas extremas, presenta inmunidad frente al ruido eléctrico y tiene una gran resistencia a las vibraciones y a los impactos. La gran diferencia frente a los ordenadores tradicionales radica en su robustez y capacidad para soportar condiciones ambientales severas (SÁNCHEZ, Daniel, 2013, pág. 23).

La mayoría de procesos existentes en la industria pertenecen al tipo de procesos discontinuos o procesos discretos y para su control pueden emplearse sistemas basados en micro controlador. Los más empleados son los controladores lógicos programables o autómatas programables. Un controlador lógico programable PLC (IEC 61131-1), es un equipo electrónico basado en micro controlador o microprocesador, que tiene generalmente una configuración modular, puede programarse en lenguaje no informático y está diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos que presentan una evolución secuencial (ROMERA, y otros, 1994).

### **8.2.2. Ventajas de los sistemas automáticos industriales (SAI) con base en PLC**

Comparados con los sistemas basados en relevadores, los sistemas basados en PLC muestran varias ventajas que van desde el costo, hasta que suelen ser más económicos, pasando por ser más compactos, hasta llegar a la reutilización de equipo, solo por mencionar algunas. Además entre más complejo sea el sistema más ventaja va a tener. Incluso existen sistemas automáticos que no pueden ser desarrollados con relevadores electromagnéticos, algunas veces debido al tiempo de respuesta que requiere el sistema, otras por la complejidad y en algunas funciones especiales que requiera el sistema (SORIA, Saturnino, 2013, pág. 75).



### **8.2.3. La constitución de un controlador lógico**

Los controladores lógicos, tratados como elementos principales y sin profundizar en elementos que no vienen al caso y desde el punto de vista del usuario que lo va a utilizar y manejar, están compuestos de:

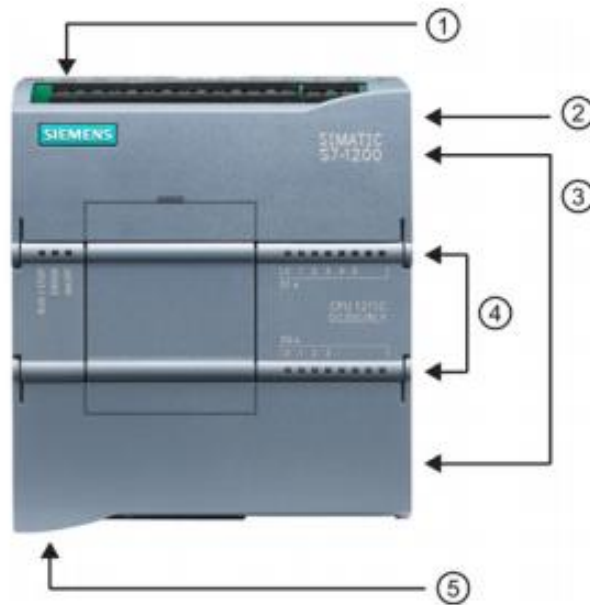
- Fuente de alimentación
- Unidad de operación y visualización
- Entradas y salidas
- CPU
- Interfaz para la conexión a pc y módulos de programas (ÁLVAREZ, Manuel, 2003, pág. 3).

### **8.2.4. PLC Siemens S7-1200.**

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y diseñado específicamente para programarse con facilidad. Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. (BOLTON, William, 2010, pág. 608)

El S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas. En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Integrado de Automatización), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

**Figura N° 2:** PLC S7 1200 y sus partes



**Fuente:** Simatic S7 Controlador Lógico Programable (Siemens, 2009)

1. Conector de corriente
2. Ranura para Tarjeta de memoria
3. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
4. LEDs de estado para las E/S integradas
5. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador.

Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros

dispositivos inteligentes. Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET. Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPUs S7-1200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y de tamaño reducido para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. (Siemens, 2015, pág. 25).

SIMATIC S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. Se combina la automatización máxima y mínimo costo. Debido al diseño modular compacto con un alto rendimiento al mismo tiempo, el SIMATIC S7-1200 es adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización.

Su campo de aplicación se extiende desde la sustitución de los relés y contactores hasta tareas complejas de la automatización en las redes y en las estructuras de distribución. El S7-1200 también se abre cada vez más ámbitos en los que la electrónica especial ha sido desarrollada previamente por razones económicas (NARVÁEZ, Vicente, 2013, pág. 8).

### **8.3. Funciones tecnológicas integradas**

Funciones de conteo, medición y control de movimiento hacen del SIMATIC S7-1200 un sistema muy versátil, idóneo para un gran número de tareas de automatización. Se han integrado en el sistema hasta seis contadores de alta velocidad, tres de 100 kHz y otros tres de 30 kHz. Esto permite la lectura precisa de encoders incrementales, conteo de frecuencia y la captura rápida de eventos de proceso.

En el controlador SIMATIC S7-1200 se han integrado además dos salidas de alta velocidad, que pueden funcionar como salidas de tren de pulsos o como salidas con modulación de ancho de impulsos (PWM). Ofrecen una secuencia de impulsos con un factor de trabajo del 50 % y hasta 100 kHz, para la regulación controlada de la velocidad y posición de motores paso a paso y servo accionamientos. Si se configuran como salidas PWM, ofrecen un tiempo de ciclo

fijo con punto de operación variable. Esto permite regular la velocidad de un motor, la posición de una válvula o el ciclo de trabajo de un calefactor.

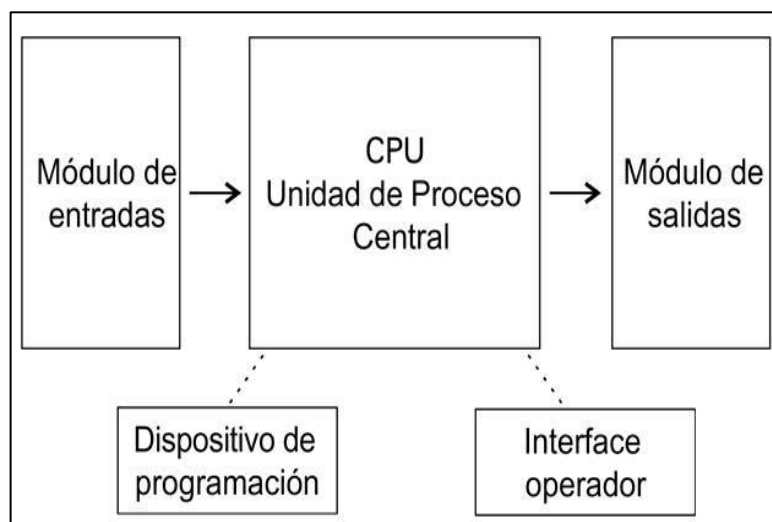
El panel de sintonía para la puesta en marcha de PID, integrado también en SIMATIC STEP 7 Basic, simplifica la optimización del lazo de regulación. Ofrece funcionalidad, autotuning y ajuste manual para lazos de regulación sencillos, y al mismo tiempo una presentación gráfica de la evolución de las variables del lazo de regulación (GARÓFALO, Irving y PEÑAFIEL, Portilla, 2015, pág. 19).

### 8.3.1. Estructura de un PLC

Se puede describir al autómatas programable como un conjunto de bloques, que asociados y comunicados tienen una estructura análoga a la de un computador. En la figura se pueden apreciar los bloques principales de un PLC.

Atendiendo al tipo de manipulador utilizado, los automatismos pueden ser mecánicos, eléctricos, electromecánicos, neumáticos, hidráulicos o mixtos. En cuanto a los controladores se refiere, las opciones generales son dos: lógica cableada y lógica programable (GUILLERMO, Ocampo, 2010, pág. 11).

**Figura N° 3:** Diagrama en bloques de la estructura de un PLC



**Fuente:** Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

### **8.3.2. Automatismos eléctricos**

Son aquellos en los cuales los accionadores son de tecnología eléctrica, básicamente, solenoides y motores rotatorios. Con frecuencia los accionadores eléctricos requieren de contactores que hacen las veces de pre-accionadores, es decir sirven de enlace entre la baja potencia de salida del controlador y la elevada potencia del accionador (GUILLERMO, Ocampo , 2010, pág. 12).

### **8.3.3. Interfase de programación y computadora personal**

Es el modo más común de programar un PLC en la actualidad. El grupo de dispositivos está compuesto por una computadora personal, Interfase electrónica y el programa, ambos de la misma marca del PLC. El avance tecnológico ha provocado que los costos de las computadoras personales sean accesibles, por lo tanto la computadora se ha convertido en la que más se utiliza para programar el PLC. Mediante el programa y la computadora personal se le grava previamente las instrucciones o funciones que va a ejecutar el PLC. En algunas marcas este puerto funciona también como puerto de comunicación para dispositivos periféricos (SORIA, Saturnino, 2013, pág. 80).

### **8.4. Fuente de alimentación**

Los autómatas programables funcionan internamente a una tensión de 24 y 5v en corriente continua, por ello necesitan de una fuente de alimentación. Algunos autómatas integran internamente dicha fuente, pero otros emplean un módulo externo. Si la fuente de alimentación es interna, el autómata se conecta directamente a la red eléctrica entre la fase y el neutro. Por el contrario, si el autómata necesita de una fuente externa, su alimentación es a 24 vdc.

La fuente de alimentación, además de suministrar energía al propio autómata se emplea para alimentar a los sensores o dispositivos que lo necesitan. Algunos autómatas con fuente interna cuentan con unos terminales para esta función (CERDÁ, Luis, 2014).

## 8.5. Software de programación Step 7

STEP7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los esquemas de los circuitos.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos empleados en el álgebra booleana.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleara dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación (Siemens, 2009, pág.35).

## 8.6. Contactor

Un contactor sería básicamente lo mismo que un relé, pero diseñado con más robustez para soportar mayores tensiones y corrientes. Según lo expuesto, podemos utilizar los relés y contactores para realizar automatismos eléctricos, simplemente cableando los contactos de forma que, al recibir corriente la bobina, realicen la función para la que han sido diseñados. Otra diferencia consiste en que, mientras que los contactos de un relé están formados por un común, otro abierto y otro cerrado, en un Contactor los dos contactos se encuentran abiertos o cerrados, es decir, no tiene contacto común (CEMBRANOS, Florencio, 2008, pág. 43).

## 8.7. CPU 1212C

Es la parte más importante del equipo, se compone de:

- La Unidad de Control
- Registros
- Registro de control
- Puntero de programa

- Stack o zona de memoria interna para salvaguardar registros.

**Tabla 3.** Características del CPU 1212c

<b>Función</b>		<b>CPU 1212C</b>
Dimensiones físicas mm		90x100x75
Memoria de Usuario	Trabajo	12KB
	Carga	1MB
	Remanente	2KB
E/S integradas locales	Digital	8entradas/ 6 salidas
	Analógico	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entrada (I)	1024 bytes
	Salida (Q)	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes
Amplificación con módulo de señales (SM)		2
Signal board (SB) o placa de comunicación (CB)		1
Módulo de comunicación (CM) (amplificación en el lado izquierdo)		3
Contadores rápidos	Total	4
	Fase simple	3 a 100 kHz / 1 a 30 kHz
	Fase cuadrada	3 a 80 kHz / 1 a 20 kHz
Generador de impulsos		2
Memory card		Memory card (opcional)
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real		Típico 10 días / 6 días a 40° C
PROFINET		1 puerto de comunicación Ethernet
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales		18 us/instrucción
Velocidad de ejecución booleana		0,1 us/instrucción

**Fuente:** Manual del fabricante

## 8.8. Electroválvulas

“Siempre que se trate de controlar automáticamente el caudal de los fluidos se utilizan electroválvulas. Las electroválvulas son auxiliares de mando que liberan, bloquean o desvían el paso de un fluido en función del cierre apertura de su circuito eléctrico constituido por un electroimán. Cuando se cierra el circuito eléctrico de la bobina se forma un campo magnético que atrae a un núcleo o armadura basculante hasta topar con la superficie polar del electroimán.” (LLADONOSA Vicente, 1997, págs. 53-54).

“Al movimiento del núcleo o armadura se la opone la fuerza de un muelle antagonista. Cuando se interrumpe el circuito eléctrico de la bobina desaparece el campo magnético y el muelle que está presionando al núcleo o armadura le hace recuperar su posición inicial.” (LLADONOSA Vicente, 1997, págs. 53-54)

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿De qué manera influirá en los estudiantes el desarrollo de práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC Simatic S7-1200 para el control de electroválvulas?

### 9.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la comprobación de la Hipótesis General se utilizó la estadística inferencial, y el de análisis el Chi- cuadrado después de haber realizado un análisis de los resultados de las encuestas.

Formulas:

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} =$$

**X<sup>2</sup>calculado > X<sup>2</sup>tabla** = Se rechaza la hipótesis nula H<sub>0</sub> (dependencia entre las Variables)

**X<sup>2</sup>prueba < X<sup>2</sup>tabla** = Aceptar hipótesis nula H<sub>0</sub> (independencia entre las variables)



### 9.1.2. Comprobación de la hipótesis general

Para la comprobación de la Hipótesis general se utilizó la estadística inferencial y se aplicó el método del Chi Cuadrado.

Para la comprobación de la Hipótesis General se utilizó como la pregunta N°- 10 de las encuestas realizadas a los estudiantes.

#### Paso 1: Establecer la Hipótesis Nula y la Hipótesis Alternativa

##### Hipótesis Nula ( $H_0$ )

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) La implementación y desarrollo de una práctica de automatización a través de un módulo didáctico con PLC SIMATIC-1200 para la simulación de un sistema de control de tránsito vehicular. No permitirá mejorar el nivel académico de los estudiantes.

##### Hipótesis Alternativa ( $H_1$ )

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) La implementación y desarrollo de una práctica de automatización a través de un módulo didáctico con PLC SIMATIC-1200 para la simulación de un sistema de control de tránsito vehicular. Si permitirá mejorar el nivel académico de los estudiantes.

#### Paso 2: Determinación de los Valores Observados y Esperados.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

Se obtuvo los siguientes resultados luego de tabular las encuestas de los 240 estudiantes que se realizó la encuesta, los resultados obtenidos son los valores Observados.

**Tabla 4.** Valores Observados Hipotesis General

Valores Observados			
Opciones	Antes	Después	Total
Si	115	235	350
No	125	5	130
<b>Total</b>	240	240	480

**Fuente:** Encuesta antes de la implementación (pregunta10)

**Elaborado:** Chevez Barba Robinson Eduardo

**Tabla 5.** Valores Esperado Hipotesis General

<b>Valores Esperados</b>			
Opciones	Antes	Después	Total
Si	175	175	350
No	65	65	130
<b>Total</b>	240	240	480

**Fuente:** Encuesta despues de la implementacion (Pregunta10)

**Elaborado:** Chevez Barba Robinson Eduardo

Una vez obtenido los Valores Esperados el siguiente paso es determinar el valor Chi  $X^2$  calculdo para lo cual se aplica la siguiente Ecuación.

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} = \mathbf{X^2 \text{ calculado } 151.9121}$$

Determinar el valor del  $X^2$  tabla para el cual se necesita conocer los grados de libertad (gl) y el nivel de significancia que es del 5% es decir 0,05 para determinar los grados de libertad **gl=1**

Por lo tanto buscando en la tabla Chi cuadrado en el anexo N° 3 el valor para  $X^2$  tabla

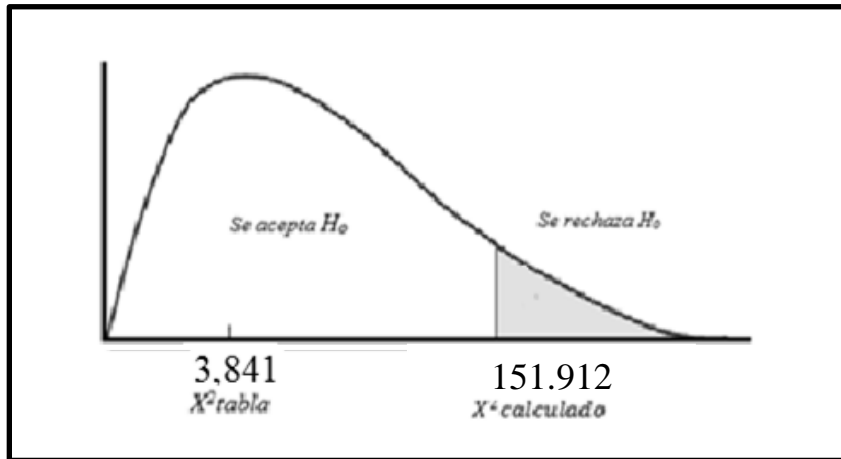
**$X^2$  tabla = 3,841**

#### **Resultado obtenido:**

$X^2$  calculado = 151.9121 >  $X^2$  tabla =3,841 Se rechaza la hipotesis nula  $H_0$ .

$$X^2 \text{ calculado} = \mathbf{151.9121} > X^2 \text{ tabla} = 3,84$$

El chi2 es mayor que el chi de la tabla por lo que se rechaza la Hipótesis Nula  $H_0$  y se acepta la Hipótesis Alternativa  $H_1$  de investigación.

**Figura 4.** Distribución del Chi Cuadrado

Elaborado por: Chevez Barba Robinson Eduardo, 2017

### Análisis:

De acuerdo a los datos obtenidos en el cálculo del chi cuadrado de la tabla y el chi cuadrado calculado podemos llegar a la conclusión que se acepta la hipótesis nula.

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) La implementación y desarrollo de una práctica de automatización a través de un módulo didáctico con PLC SIMATIC-1200 para la simulación de un sistema de control de electroválvulas. Si permitirá mejorar el nivel académico de los estudiantes, con un nivel de significancia del 5% en la prueba de chi cuadrado  $X^2$

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 10.1. Investigación de Campo

Se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado. El investigador trabaja en el ambiente natural en que conviven las personas y las fuentes consultadas, de las que obtendrán los datos más relevantes a ser analizados, son individuos, grupos y representaciones de las organizaciones científicas no experimentales dirigidas a descubrir relaciones e interacciones entre variables sociológicas, psicológicas y educativas en estructuras sociales reales y cotidianas. (BERMEO, 2011).

(LÓPEZ, 2010), define: “La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

Según (SÁNCHEZ, 2014) “Es una técnica de acopio de datos, que consiste en registrar el comportamiento del grupo o individuos y recolectar sus necesidades” Técnica que a través de los sentidos permite captar la situación de los estudiantes, tiene como objetivo recolectar información sobre los aspectos de mayor interés para su posterior análisis e interpretación, con la finalidad de llegar a conclusiones valederas para una adecuada toma de decisiones.

## **10.2. Investigación Bibliográfica-Documental**

Es aquella búsqueda en documentos escritos o narrados por expertos en el tema sobre el cual queremos conocer más. Al recopilar la información obtenida en ellos, se pueden comenzar a analizar de forma tal, que podamos determinar hacia dónde nos orienta la información que hayamos, es decir, si necesitamos profundizar más hacia un tema en específico, si hay algún tema nuevo sobre el cual podemos comenzar a indagar. (LISI, 2012).

Según el autor (LÓPEZ, 2010), define: “el diseño bibliográfico, se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos, los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes.”

## **10.3. Métodos de Investigación**

### **10.3.1. El método inductivo**

Conjuntamente con el anterior es utilizado en la ciencia experimental. Consiste en basarse en enunciados singulares, tales como descripciones de los resultados de observaciones o experiencias para plantear enunciados universales, tales como hipótesis o teorías. Ello es como decir que la naturaleza se comporta siempre igual cuando se dan las mismas circunstancias, lo cual es como admitir que bajo las mismas condiciones experimentales se obtienen los mismos resultados, base de la repetitividad de las experiencias, lógicamente aceptado. (CEGARRA, 2012).

### **10.3.2. El método deductivo**

Permite inferir nuevos conocimientos o leyes aún no conocidas. Este método consiste en inducir una ley y luego deducir nuevas hipótesis como consecuencia de otras más generales. El método deductivo parte los datos generales aceptados como valederos, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones, es decir: parte de verdades previamente establecidas como principios generales, para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez. El razonamiento deductivo constituye una de las principales características del proceso de enfoque cuantitativo de la investigación. (CARVAJAL, 2013).

## **10.4. Técnicas de Investigación**

### **10.4.1. La Entrevista**

Es una técnica para obtener datos que consisten en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación. La entrevista es una técnica antigua, pues ha sido utilizada desde hace mucho en psicología y, desde su notable desarrollo, en sociología y en educación. De hecho, en estas ciencias, la entrevista constituye una técnica indispensable porque permite obtener datos que de otro modo serían muy difíciles conseguir. (GALVEZ, 2013).

### **10.4.2. La Encuesta**

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Es una técnica que se puede aplicar a sectores más amplios del universo, de manera mucho más económica que mediante entrevistas. Varios autores llaman cuestionario a la técnica misma. (GALVEZ, 2013)

## 10.5. Diseño experimental

**Tabla 6:** Técnicas e instrumentos

Nº	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	Encuestas	Cuestionario
2	Entrevistas	Test

**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

**Tabla 7:** Diseño experimental

Agente y/o Tecnologías	Técnicas, espacios de trabajo y difusión	Población	Cantidad Total
Población	Encuesta	240	240
Docentes	Entrevista	7	7
<b>TOTAL</b>		247	

**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

## 10.6. Población

El universo que se tomó en consideración para la realización de las encuestas fueron los 240 estudiantes de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Cabe destacar que los resultados obtenidos pertenecen a fuentes directas y verídicas, ya que se utilizó la técnica de la encuesta con el cuestionario como instrumento lo que permitió realizar el análisis de cada ítem en forma cuantitativa y cualitativa como se presentan a continuación pregunta a pregunta.

Una correcta instalación del PLC implica necesariamente tener en cuenta factores como:

- Condiciones ambientales del entorno físico donde se va a situar
- Distribución de componentes en el armario que lo va a contener
- Una buena alimentación y un cableado correcto

Asimismo, es necesario su puesta a punto y un eficaz mantenimiento. Estas condiciones que ya los fabricantes indican en los manuales son del todo necesarias para obtener una correcta eficacia del sistema.

Luego de haber hecho un estudio sobre la necesidad de elementos nuevos y actualización industrial dentro del laboratorio de Ingeniería Electromecánica, y verificando la necesidad como estudiantes hemos decidido adquirir los elementos que están actualmente implementándose en las industrias ya que brindan una amplia gama de funciones.

### **11.1. Condiciones ambientales del entorno**

Normalmente y salvo indicación expresa del fabricante, el entorno en donde se sitúe el PLC habrá de reunir las condiciones físicas siguientes:

- Ausencia de vibraciones, golpes, entre otros
- No exposición directa a los rayos solares o focos caloríficos intensos, así como a temperaturas que sobrepasen los 50-60 grados centígrados aproximadamente.
- No elegir lugares donde la temperatura descienda en algún momento por debajo de los 5 grados centígrados o donde los bruscos cambios pueden dar origen a condensaciones.
- Tampoco es posible situarlos en ambientes en donde la humedad relativa se encuentre aproximadamente por debajo de 20 por 100 o por encima del 90 por 100.
- Ausencia de polvo y ambientes salinos
- Ausencia de gases corrosivos
- Por seguridad es necesario un ambiente exento de gases inflamables
- Ha de evitarse situarlo junto a líneas de alta tensión, siendo la distancia variable en función de dicha tensión

## 11.2. Distribución de componentes

Es norma que el PLC se sitúe en un armario metálico. Antes de elegir el mismo se ha de conocer si éste necesita ventilador incorporado para forzar la ventilación del aire, debido a que la temperatura ambiente supere la especificada por el fabricante, o bien si se prevén problemas de condensación, para incorporar un elemento generador de calor que la elimine.

El armario se elegirá del tamaño adecuado para que contenga de una forma despejada no sólo el PLC, sino todos los elementos que se encuentren junto a él, de modo que se pueda realizar un correcto trabajo en las operaciones de cableado y mantenimiento. Los elementos a que se hace referencia pueden ser los siguientes:

- Interruptor o interruptores de alimentación
- Las protecciones correspondientes
- Relés, contactores, entre otros.
- Fuentes de alimentación
- Regletas de borneras
- Canaletas de cableado

Algunos fabricantes indican que su PLC puede situarse en distintas posiciones, pero en general, este se sitúa verticalmente sobre carril DIN o placa perforada. En cuanto a su distribución, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los elementos disipadores de calor se situarán en la parte superior del armario, principalmente el PLC y las fuentes de alimentación, para así facilitar la disipación del calor generado al exterior. En todo caso, si la fuente de alimentación y la CPU son independientes y no existe espacio para situarlas a la misma altura en la parte superior, el elemento que se sitúa por encima será la fuente de alimentación.
- Los elementos electromecánicos como, por ejemplo, relés, contactores, entre otros, son generadores de campos magnéticos debido a sus bobinas, por lo que es recomendable alejarlos lo más posible de la CPU y de las E/S. De igual modo, los transformadores estarán lo más alejados de cualquier parte del PLC.



- Para poder realizar posteriormente un buen cableado, se agruparán separadamente los módulos de entrada de los de salida; las E/S digitales de las analógicas y en el resto de los elementos, los de c.c. de los de c.a.

### **11.3. Cableado**

Para un correcto cableado hay que tener en cuenta unas reglas mínimas, entre las que se encuentran:

- Separara los cables que conducen c.c. de los de c.a. para evitar interferencias
- Separar los cables de las entradas de los de las salidas
- Si es posible, separar los conductores de las E/S analógicas de las digitales
- Los cables de potencia que alimentan a contactores, fuentes de alimentación, entre otras, pasarán por canaleta distinta de los cables de E/S.

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

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

### **11.4. Alimentación para el PLC**

La alimentación al autómeta es otro factor importante a tener en cuenta. Cuatro son las partes que se pueden considerar:

- Una tensión estable del valor indicado por el fabricante y exenta en lo posible de picos provocados por otros aparatos de la instalación.
- Unas protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos por medio de interruptores magneto térmicos, fusibles, entre otros, así como contra derivaciones a tierra por medio de interruptores diferenciales.
- Una tierra del valor adecuado y debidamente señalizada mediante conductor amarillo-

verde. Si la instalación no la posee habrá de habilitarse una exclusivamente para el PLC de aproximadamente 3 a 5 Ohmios.

- Un circuito de mando que nos permita conectar y desconectar en el momento preciso el circuito o parte del mismo.

## 11.5. Mantenimiento

Como cualquier otra máquina, el PLC necesita de un mantenimiento preventivo o inspección periódica; esta inspección ha de tener una periodicidad tanto más corta cuanto más complejo sea el sistema, y puede variar desde semanalmente hasta anualmente. Aunque la fiabilidad de estos sistemas es alta, las consecuencias derivadas de sus averías originan un alto coste, por lo que es necesario reducir esta posibilidad al mínimo.

Otra labor que debe realizar mantenimiento es la localización y reparación de las averías que se produzcan.

### 11.5.1. Mantenimiento preventivo

Es conveniente disponer de una carpeta de mantenimiento con fichas en las cuales se haya confeccionado un cuadro que recoja los datos de las inspecciones periódicas, indicando la fecha y, en apartado significativo, las averías detectadas y corregidas. Los datos podrían ser entre otros:

#### a) Inspección visual:

- De elementos mecánicos: ¿Están firmemente sujetos tanto autómatas como demás elementos? ¿Hay algún cable suelto o roto? ¿Están los tornillos suficientemente ajustados?, entre otros.
- De CPU y E/S: ¿Hay señal de los leds indicativa de diagnóstico de CPU y E/S?

#### b) Condiciones ambientales:

- ¿Se encuentran los valores de temperatura y humedad dentro del margen?
- ¿Existe polvo sobre los elementos?
- ¿Existen vibraciones?

c) Medidas de tensión de alimentación

- ¿Fluctúa la tensión de alimentación cerca de los límites máximos permitidos medidos en la entrada de la fuente de alimentación?
- La corriente continua y el rizado, ¿están dentro del margen?
- ¿Se ha cumplido la vida media de la batería de litio?
- ¿Las tensiones de entrada a las E/S son las correctas?

Las herramientas y aparatos necesarios para esta labor de mantenimiento preventivo serían:

- Algodón y alcohol
- Herramientas de instalador
- Polímetro de aguja de clase 0.5 o digital
- Osciloscopio
- Termómetro e higrómetro

### 11.5.2. Programación de autómatas programables

Para programar un PLC es necesario contar con algunos elementos, como son un PC, cable de comunicación entre el PLC y la interfaz de programación y el software necesario para la elaboración de los programas. Existen diferentes lenguajes para la programación de los PLC, en la norma IEC 1131 se establecen los siguientes lenguajes específicos:

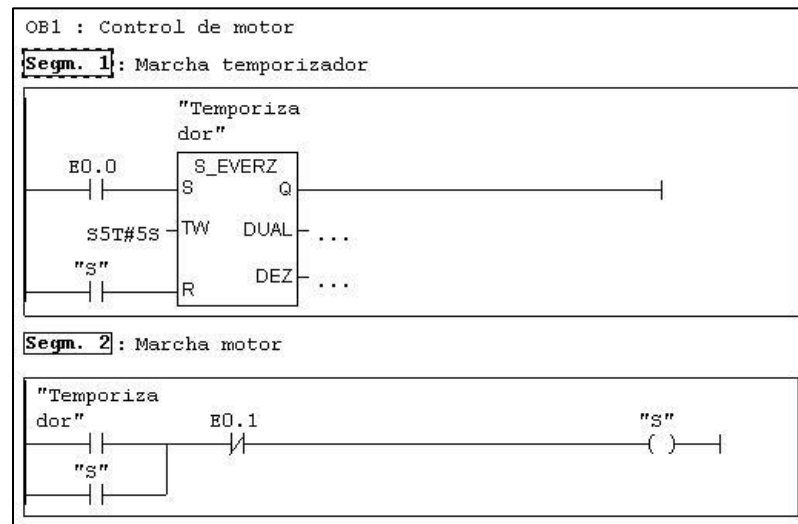
- Diagrama de funciones secuenciales (FBD)
- Diagrama de bloques
- Diagrama de escaleras (LD)
- Lenguajes estructurados
- Lista de instrucciones

Siendo los más utilizados los siguientes:

**a) Esquema de contactos.-** Permite crear programas con elementos similares a un esquema de circuitos. Es el lenguaje más utilizado por programadores y encargados del mantenimiento de sistemas de automatización.

En este lenguaje, los programas emulan la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada las cuales a su vez activan condiciones lógicas de salida. Por lo general las líneas o lógica de programación se dividen pequeñas unidades de trabajo (segmentos o net Works). El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Una vez terminado el programa se ejecuta nuevamente desde el inicio.

**Figura N° 5:** Esquema de contactos en KOP.



**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen tres formas básicas:

- **Contactos:** los cuales representan condiciones lógicas de entrada tales como interruptores, botones, condiciones internas, entre otros.
- **Bobinas:** son las condiciones lógicas de salida como lámparas, contactores, relés interpuestos, condiciones internas de salida, entre otros.
- **Cuadros:** representan operaciones especiales como temporizadores, contadores, comparadores, operaciones aritméticas, entre otros.

**b) Diagrama de funciones (FUP).**- En este lenguaje de programación se puede visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos, similar a los circuitos con compuertas lógicas. La lógica del programa se deriva de las conexiones entre dichas operaciones de cuadro. El estilo de programación en forma de puertas lógicas se adecua principalmente para observar el flujo del programa.

## 11.6. Datos Técnicos de los Equipos

Los datos técnicos son dotados por los fabricantes de los equipos los cuales brindan información importante para la instalación de los equipos que forman parte del modular de simulación. Los datos técnicos a continuación son los del PLC Simatic S7-1200 y del software Simatic Stop 7 Basic V11 SP2.

### 11.6.1. PLC Simatic S7-1200

Como su nombre indica, la estructura de este tipo de Autómatas se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas, mostrado en la figura. Aquí cabe hacer dos divisiones:

- Estructura americana: Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de E/S en los bloques o tarjetas necesarias.
- Estructura europea: su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, entradas/salidas, entre otras. La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción de los mismos se hace bien sobre carril DIN o placa perforada, bien sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

**Figura N° 6:** Autómata programable con estructura modular



**Fuente:** Manual del Fabricante

El controlador compacto Simatic S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de

automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas. El controlador S7-1200 compacto incluye:

- PROFINET incorporado
- E/S rápidas aptas para el control de movimiento, entradas analógicas integradas para minimizar el espacio requerido y excluir la necesidad de E/S adicionales, 2 generadores de impulsos para aplicaciones de ancho de impulso y hasta 6 contadores rápidos
- E/S integradas en los módulos CPU que ofrecen entre 6 y 14 entradas y entre 4 y 10 salidas
- Módulos de señales para DC, relé o E/S analógicas amplían el número de E/S, mientras que las innovadoras señales de tableros integradas en el frontal de la CPU proporcionan entradas y salidas adicionales.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

1. Conector de corriente.
2. Ranura para tarjeta de memoria (debajo de la tapa superior).
3. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
4. LEDs de estado para las E/S integradas.
5. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

El PLC S7-1200 ha sido diseñado para un fácil montaje. Tanto montado sobre un panel como sobre un perfil DIN normalizado, su tamaño compacto permite optimizar el espacio. Cada CPU, SM, CM y CP admite el montaje en un perfil DIN o en un panel. Se utilizó los clips del

módulo previstos para el perfil DIN para fijar el dispositivo al perfil. Estos clips también pueden extenderse a otra posición para poder montar la unidad directamente en un panel.

**Tabla 8:** Dimensiones de montaje

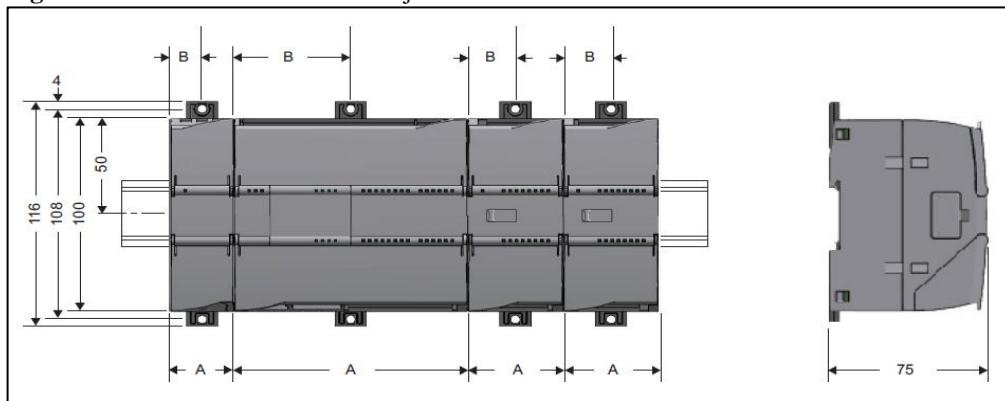
Dispositivos S7-1200		Ancho A	Ancho B
CPU	1212C	90mm	45mm
Módulos de señales	Digital de 8 y 16 E/S, analógico de 2, 4 y 8 E/S, termopar de 4 y 8 E/S, RTD de 4 E/S	45mm	22.5mm
	Analógico de 16 E/S, RTD de 8 E/S	70mm	35mm
Interfaces de comunicación	CM 1241 RS232, CM 1241 RS485	30mm	15mm
	CM 1243-5 PROFIBUS maestro, CM 1242-5 PROFIBUS esclavo	30mm	15mm
	CP 1242-7 GPRS	30mm	15mm
	Teleservice adapter IE Basic	30mm	15mm

Fuente: Manual del Fabricante.

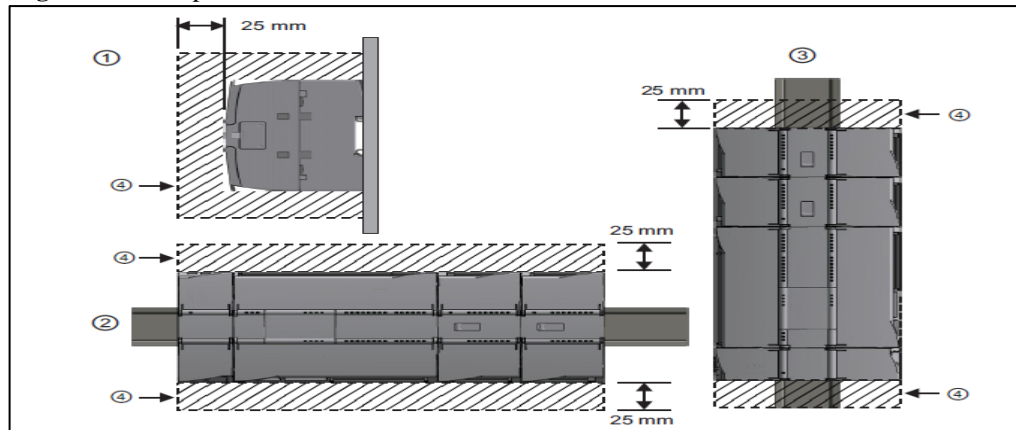
A la hora de planificar una instalación se debe tomar las siguientes directrices:

- Alejar los dispositivos de fuentes de calor, alta tensión e interferencias.
- Procurar espacios suficientes para la refrigeración y el cableado, es preciso disponer de una zona de disipación de 25mm por encima y por debajo de la unidad para que el aire pueda circular libremente.

**Figura N° 7:** Dimensiones de montaje



Fuente: Manual del Fabricante.

**Figura N° 8:** Espacio libre necesario

Fuente: Manual del Fabricante.

1. Vista lateral
2. Montaje horizontal
3. Montaje vertical
4. Espacio libre

### 11.6.2. Simatic Step 7 Basic V11 Sp2

STEP 7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla. STEP 7 proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra.
- SCL (structured control language) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.



### Requisitos del sistema.

Para instalar el software STEP 7 en un equipo con el sistema operativo Windows XP o Windows 7, es preciso iniciar la sesión con derechos de administrador.

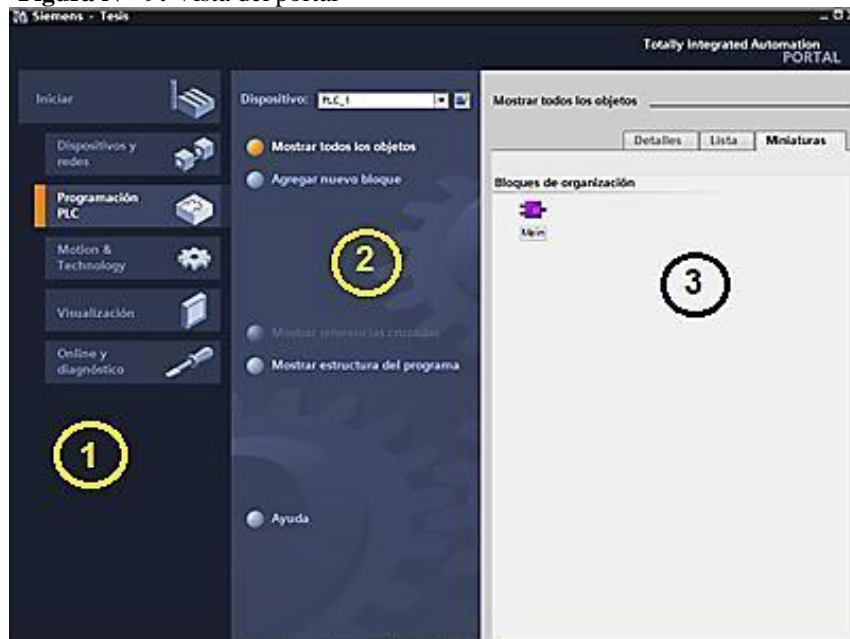
STEP 7 proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto).

**Tabla 9:** Requisitos de instalación

Hardware/software	Requisitos
Tipo de procesador	Pentium M, 1,6 GHz o similar
RAM	1GB
Espacio disponible en el disco duro	2 GB en la unidad de disco C:\
Sistema operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows XP Professional SP3</li> <li>• Windows 2003 Server R2 StdE SP2</li> <li>• Windows 7 Home Premium (solo STEP 7 Basic, no compatible con STEP 7 Professional)</li> <li>• Windows 7 (Professional, Enterprise, Ultimate)</li> <li>• Windows 2008 Server StdE R2</li> </ul>
Tarjeta gráfica	32 MB RAM Intensidad de color de 24 bits
Resolución de la pantalla	1024 x 768
Red	Ethernet de 20 Mbits/s o más rápido
Unidad óptica	DVD-ROM

**Fuente:** Manual del Fabricante.

**Figura N° 9: Vista del portal**

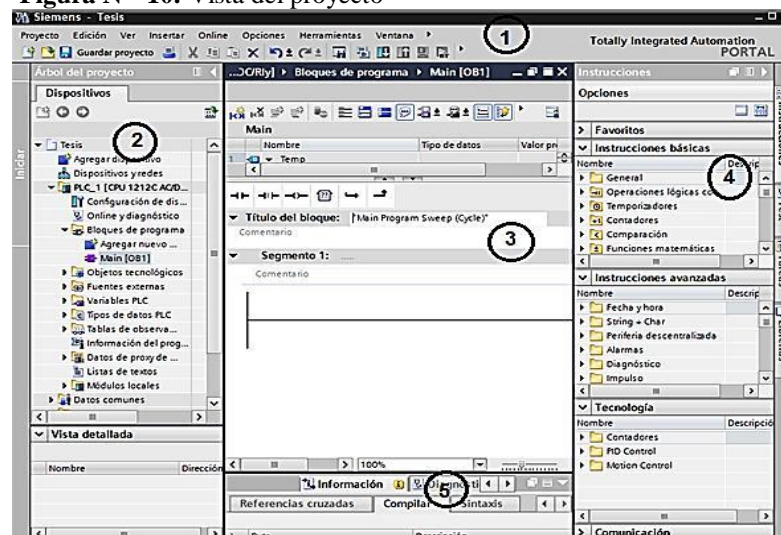


Elaborado por: Chevez barba Robinson Eduardo

1. Portales para las diferentes tareas
2. Tareas del portal seleccionado
3. Panel de selección para la acción seleccionada
4. Cambia a la vista del proyecto

El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto

**Figura N° 10: Vista del proyecto**



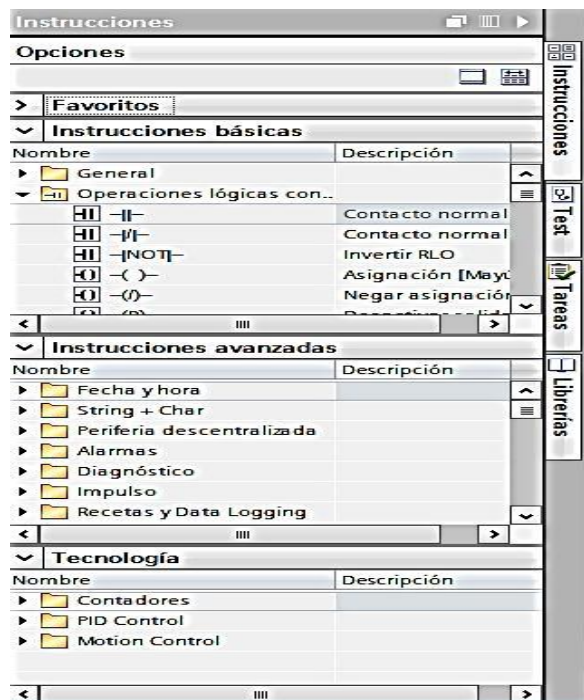
Elaborado por: Chevez Barba Robinson Eduardo

1. Menús y barra de herramientas
2. Árbol del proyecto
3. Área de trabajo
4. Tarjeta de memoria
5. Ventana de inspección
6. Cambia a la vista del portal
7. Barra del editor

Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. La ventana de inspección, por ejemplo, muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo. Si se seleccionan varios objetos, la ventana de inspección muestra las propiedades que pueden configurarse. La ventana de inspección incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.

El STEP 7 dispone de tarjetas que contienen las instrucciones del programa. Las instrucciones se agrupan por funciones.

**Figura N° 11:** Elementos de programación del PLC en Software TIA PORTAL



**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

Al crear un programa para las tareas de automatización, las instrucciones del programa se insertan en bloques lógicos (OB, FB o FC). Dependiendo de la aplicación es posible seleccionar una estructura modular o lineal para crear programas de usuario.

Un programa lineal ejecuta las instrucciones de forma secuencial (una tras otra). En general el programa incluye todas las instrucciones en un OB de ciclo, encargado de la ejecución cíclica del mismo.

### 11.7. Selección de Elementos

**Tabla 10:** Selección de elementos

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	RANGO
1	Computador core i5, 8GB RAM, 1 TB	ASUS	CORE i5	NA
2	Motores 1 HP, 3600 RPM, TRIFASICO	SIEMENS	1LE0142-0DA86-4AA4-Z	1HP
3	Mueble en inoxidable 304 grosor 1.1	FMOLINA	SIMILAR LAB	1.60X1.60
4	PANEL VIEW Simatic Basic KTP400 a color	SIEMENS	6AV2123-2DB03-0AX0	pantalla de 4"
5	Fuente de poder siemens logo power	SIEMENS	6EP1332-1S H43	2.5A
6	Switch industrial ethernet csm 1277	SIMATIC	6GK7277-1AA10-0AA0	4 PUERTOS
7	Plc s7 1200 + envio de material	SIEMENS	6ES7212-1BE40-0XB0	CPU 1212C
8	SM1222 Módulo de señal de 8DO a RELE	SIEMENS	6ES7222-1BF32-0XB0	RELE
9	Guarda motor	SIEMENS	3RV2021-4CA10	7-10A
10	VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS V20 1HP Con panel BOP	SIEMENS	6SL3211-0AB21-5UA1	1HP
11	Relés térmicos	SIEMENS	3RU2116-1HB0	4.5-6.3A
12	Breaker 2 polos	SIEMENS	5SL32167	6 A, 230/400VAC
13	Breaker 3 polos	SIEMENS	5SL33167	16 A, 230/400VAC
14	Borneras push	PHOENEX C	DE4 ACOPLER RAPIDO	16-18 AWG
15	Contactador bobina 220vac	SIEMENS	3RT2015-1AP01	9A
16	Contactos auxiliar	SIEMENS	3RH2122 - 1AP00	2NO+2NC
17	Canaleta 40x40	DEXSON	RANURADA	40X40
18	Borneras de distribución	CGH	PARA RIEL 4 LINEAS	4 LINEAS
19	Plup de 4 entradas			
20	Terminales tipo punta	CAMSCO		#14-18 AWG

21	Cable flexible	ELECTCABLE	1X1C	16/18 AWG
22	Cable utp			ROLLOS
23	Riel din			
24	Canaleta 30x25	CAMSCO	RANURADA	30X25
25	Conductor		1X4C	12AWG
26	Toma corriente trifásico + g			TRIFASICO
27	Semáforo indicador	CAMSCO		5W 220AC
28	Enchufe trifásico + g			TRIFASICO

Elaborado por: Chevez Barba Robinson Eduardo

## 11.8. Programación del PLC

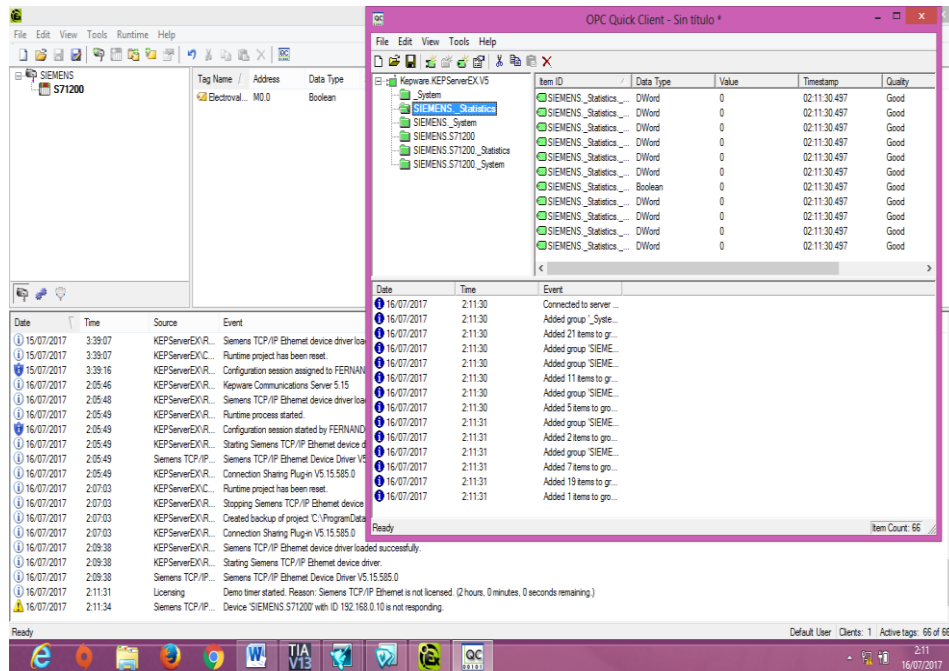
Para la programación del PLC se tiene que realizar algunos pasos los cuales se presentan a continuación.

- Determinar el problema.
- Realizar un algoritmo de solución, describiendo todas las operaciones que deben realizarse.
- Codificar las operaciones previamente establecidas en algoritmo de solución.
- Cargar el programa realizado al PLC.
- Utilizar el programa, revisar que el programa cumpla con lo establecido y así poder dar solución al problema planteado.

Para obtener el control deseado se han implementado dos lazos de control, el primero (Lazo primario), que corresponde a un controlador de tipo Integral/Proporcional cuyo set point es fijado por el usuario, y comparado con la temperatura de la reacción; éste emite una señal la misma que pasa a ser la referencia, del segundo controlador (Lazo secundario) de tipo proporcional (esto para asegurar una respuesta más rápida que el controlador primario), el cual censa la temperatura dentro del serpentín es decir la temperatura del vapor.

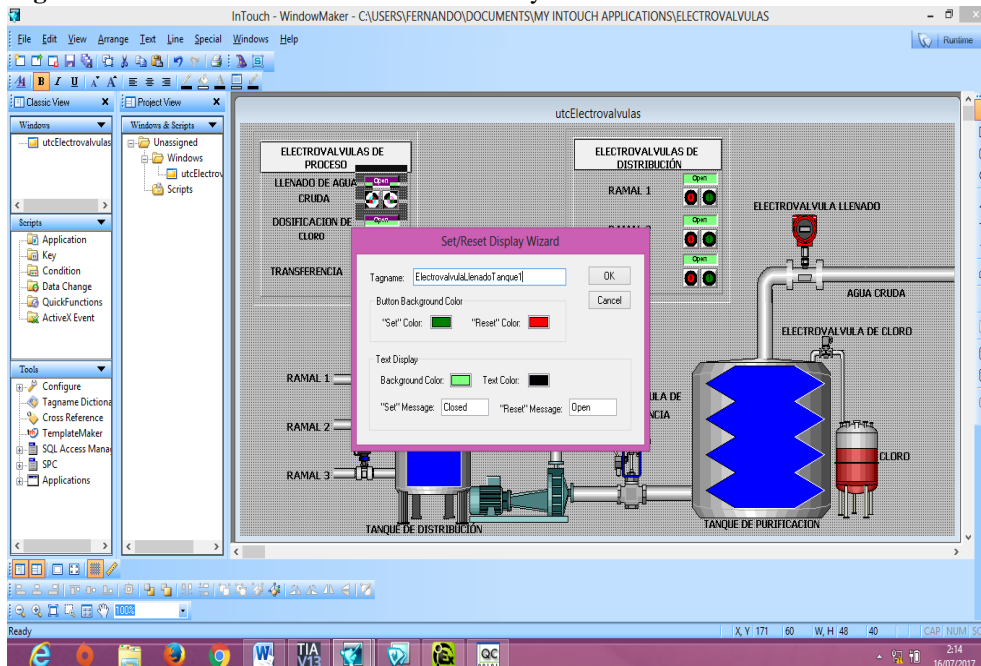
### 11.9. PRÁCTICA CON ELECTROVÁLVULAS.

Figura N° 12: Verificar enlaces con PLC



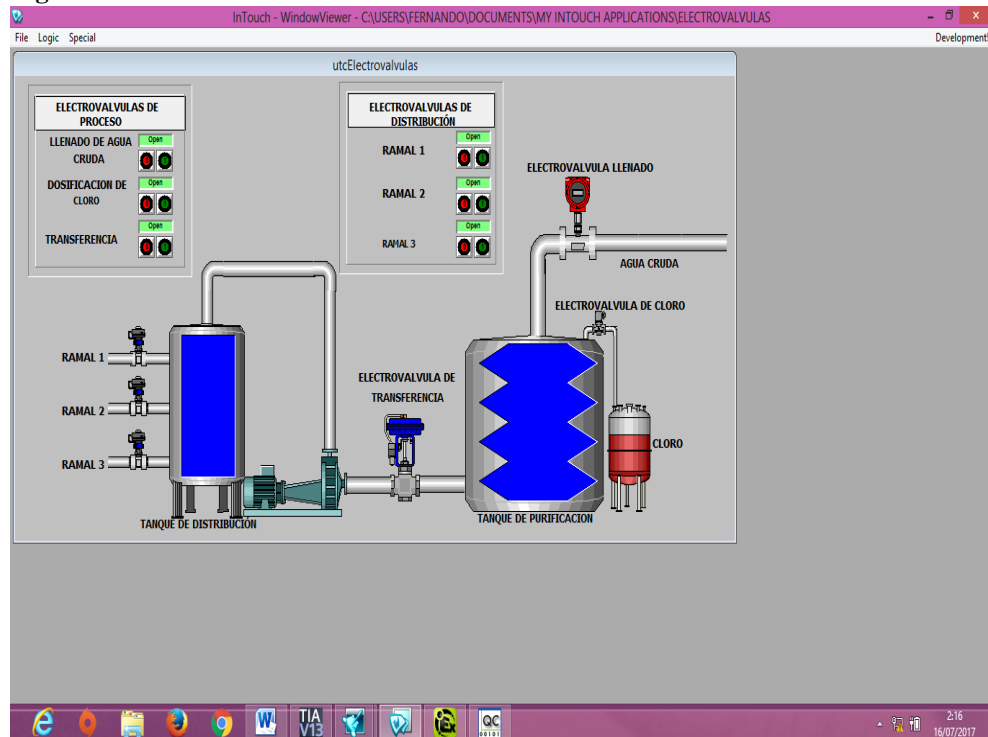
Elaborado por: Chevez Barba Robinson Eduardo

Figura N° 13. Enlazar variables del OPC server y el HMI



Elaborado por: Chevez Barba Robinson Eduardo

**Figura N° 14:** Simulación terminada.



**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

## 12. IMPACTOS

Este proyecto tuvo una aceptación y acogida por parte de los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, debido a que es un banco de pruebas didáctico en el cual, podrán desarrollar prácticas de programación industrial, y así, tener un cambio en los niveles de enseñanza y aprendizaje.

Mediante la ejecución del proyecto, se obtiene la solución de problemas ambientales así como también la afectación de la misma, para ello es necesario promover tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente. Por medio de la elaboración de un módulo didáctico se ayuda a la sociedad a disminuir el consumo de energía, dejando de lado los tradicionales sistemas de control, el mismo que consume mucha más energía y puede sobre calentar los conductores de tanto uso. El funcionamiento y los elementos que comprenden la máquina hacen que esta sea de fácil manipulación y de rápido accionamientos para los procesos destinados.

## 13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

**Tabla 11:** Presupuesto del proyecto

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
1	Computador core i5, 8GB RAM, 1 TB	U	1	700,00	700,00
2	Mueble computador	U	1	30,00	30,00
3	Bornera de motores, presotopas, concéntrico	U	2	10,00	20,00
4	Motores 1 HP, 3600 RPM, TRIFASICO	U	2	150,00	300,00
5	Bases motor, madera, pintura, soporte	U	2	5,00	10,00
6	Mueble en inoxidable 304 grosor 1.1	U	1	600,00	600,00
7	PANEL VIEW Simatic Basic KTP400 a color	U	1	710,00	710,00
8	Fuente de poder siemens logo power	U	1	115,00	115,00
9	Switch industrial ethernet csm 1277	U	1	240,00	240,00
10	Plc s7 1200 + envio de material	U	1	473,00	473,00
11	Módulo de salidas analógicas si 1232	U	1	208,00	208,00
12	SM1222 Módulo de señal de 8DO a RELE	U	2	208,00	416,00
13	Guarda motor	U	1	73,87	73,87
14	Variador De Frecuencia SINAMICS V20 1HP Con panel BOP	U	1	338,00	338,00
15	Relés térmicos	U	2	39,94	79,88
16	Breaker 2 polos	U	1	19,70	19,70
17	Breaker 3 polos	U	2	32,50	65,00
18	Borneras push in	U	105	1,52	159,60
19	Finales de bornera	U	13	1,25	16,25
20	Separadores pequeños	U	10	1,28	12,80
21	Separadores medianos	U	7	1,28	8,96
22	Puentes de borneras	U	6	1,28	7,68



23	Contactador bobina 220vac	U	4	22,23	88,92
24	Contactos auxiliar	U	2	27,34	54,68
25	CANALETA 25x60	U	1	11,60	11,60
26	Canaleta 25x40	U	1	7,50	7,50
27	Canaleta 40x40	U	4	5,60	22,40
28	Bornera de tierra	U	1	5,76	5,76
29	Borneras de distribución	U	1	15,25	15,25
30	Bornera porta fusible	U	4	1,50	6,00
31	Fusibles	U	4	0,50	2,00
32	Terminales tipo punta	U	3	3,50	10,50
33	Cable flexible	U	260	0,30	78,00
34	Cable utp	U	2	2,50	5,00
35	Riel din	U	3	3,50	10,50
36	Conductor	U	6	2,32	13,92
37	Enchufe trifásico +g	U	1	12,00	12,00
38	Toma corriente trifásico + g	U	1	12,00	12,00
39	Semáforo indicador	U	2	36,00	72,00
40	Amarras negras	U	2	3,00	6,00
41	Autoperforantes+brocas	U	200	0,03	6,00
42	Amperímetro	U	1	13,39	13,39
43	Voltímetro	U	1	13,39	13,39
44	Sensor de presión	U	1	267,75	267,75
45	Sensor de caudal	U	1	78,50	78,50
46	Cinta para maquillar de acuerdo a modulo	U	2	30,00	60,00

<b>SUBTOTAL:</b>	<b>5.476,80</b>
<b>IVA 12%</b>	657,22
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.134,02</b>

**Elaborado por:** Chevez Barba Robinson Eduardo

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1. Conclusiones**

- Se logró desarrollar la práctica de automatización con un módulo didáctico mediante la aplicación de control del PLC S7-1200, demostrando el control de electroválvulas.
- Con la investigación teórica de antecedentes investigativos se pudo determinar los dispositivos que conforman el módulo didáctico, con el fin de construir un equipo que nos brinde resultados satisfactorios en el control de electroválvulas.
- El PLC permite remplazar circuitos muy complejos para controlar cualquier tipo de sistema de una manera adecuada y mejora su proceso ayudando a tener una buena calidad, mejorando la utilización de tiempo.
- El módulo didáctico ayudó a docentes y alumnos a analizar los diferentes procesos que se pueden controlar haciendo uso de las variables a controlar, mejorando las clases prácticas en sistemas de automatización.
- Siempre que se vaya a hablar de control de procesos industriales, los PLC son los dispositivos más adecuados para el desarrollo de sistemas ya que brindan altas presentaciones de comunicaciones y flexibilidad.

### **14.2. Recomendaciones**

- Indicar a los alumnos la responsabilidad del manejo de los equipos por ser delicados, costosos al momento de realizar las prácticas.
- Manipular con precaución los cables de los sensores y los cables de conexiones entre los

elementos componentes del módulo, evitando ocasionar corto circuitos.

- Tener precaución de no derramar líquidos sobre los equipos de control y el computador, podría dañar los circuitos electrónicos.
- Dar un mantenimiento preventivo para eliminar polvo de los elementos que conforman el módulo didáctico.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- BOLTON, William. (2010). mecatronica. mexico.
- AGUADO María, B. J. (2005). Resistencia al paso de la corriente eléctrica. MADRIL: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRIL.
- ALFAOMEGA. (2009). STEP 7 una manera facil de programar PLC de Siemens. México: Mexicano cámara nacional de la industria.
- ÀLVAREZ Leonardo, P. (2003). Controladores logicos. BARCELONA: Marcombo.
- ASENCIA, V. (2012). Introducción a la Automatización de los Servicios de Información. Murcia: G.K. Hall.
- AVALOS ARZATE, G. A. (2010). Teoria de control. MEXICO: All rights reserved.
- BALCELLS, J., & ROMERAL, J. (2009). Autómatas Programables. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- BARREIRA Efren, G. F. (2010). Estudio para la optimización. QUITO: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- BARRIENTOS, A. P. (2007). Fundamentaciòn de robòtica. MADRIL: Hill españa. All rights reseved.
- BARRIETOS, A & GUAMBAO, E. (2014). Sistemas de producciòn automatizados. Madrid: Dextra Editorial.
- Bermeo, J. (13 de Abril de 2011). Investigación Aplicada al turismo. Obtenido de Investigacion de campo: [http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cdocentes\\_y\\_directivos%5Carticulos/4955\\_Fcevallos\\_00009.pdf](http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cdocentes_y_directivos%5Carticulos/4955_Fcevallos_00009.pdf)
- Bernal, T. A. (2009). Metodologia de la investigacion: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. México: Perarson Educación.
- BEUNZA, F. (2011). Diseño de un sistema de intercambio de informacion para dispositivos intercomunicados por redes PLC de automóviles. HABANA: All rights reserved.
- BUEN, P. (2013). Operratividad con sistemas mecanicos ,hidráulicos, néumaticos. MADRIL, ESPAÑA: All rights reserved.
- CARRASCO, E. (2009). Instalaciones elèctricas de baja tensiòn en edificios de viviendas. MADRIL: Tèbar Flores.

- Carvajal, L. (18 de Enero de 2013). El método deductivo de investigación. Obtenido de <http://www.lizardo-carvajal.com/el-metodo-deductivo-de-investigacion/>
- CASTILLO, R. (2011). Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos. MÁLAGA: ProQuest ebrary.
- CASTRO Joel, G. (2006). Módulos didácticos para el aprendizaje y operación. QUITO: POLITÉCNICA NACIONAL.
- Cegarra Sánchez, J. ( 2012). Los métodos de investigación. España: Ediciones Díaz de Santos.
- CHARRE, S., RODRÍGUEZ, A., LÓPEZ, N., & DURÁN, M. (2014). Sistema Didáctico de Control de Presión. Citrevistas, 3-8.
- CORONA, G & ABARCA, L & MARES, J. (2014). Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- CORTES. (2011). material para la asignatura de Automatización. ESPAÑA: Institución de aAutomatización.
- CREUS Antonio, S. (2005). Instrumentación Industrial. BARCELONA: Marcombo.
- CREUS, A. (2005). Instrumentacion Industrial 7 Edición. Barcelona: Marcombo Boixareu S.A.
- DANERI, P. (2008). PLC automatizacion y control. BUENOS AIRES: Hispano Americano.
- DANERI, P. (2008). PLC. automatización y control industrial (Vol. 1). Buenos Aire, Argentina: Editorial Hispano Americana HASA ISBN 978-950-528-296-8.
- DISAI, A. S. (s.f.). Instrumentación y Control de Procesos Pantallas Táctiles, HMI y PCS Industriales Weintek. Recuperado el Sabado de Mayo de 2017, de Pantallas Táctiles, HMI y PCS Industriales Weintek: <http://www.disai.net/producto/pantallas-tactiles-hmi-y-pcs-industriales-weintek/>
- ESCALONA, F. G. (2014). Filosofía, Identificación y Racionalización de Alarmas en Scada Aplicado a la domótica de un hotel energy. MADRID: ASCISCLO.
- ESCALONA, I. (2007). Transductores y sensores en la automatización industrial (Vol. 1). Buenos Aire, Argentina: El Cid Editor - Ingeniería ISSN: 11475776.
- ESPINOZA Juan, G. A. (2009). Estudio del reemplazo del sistema. Santiago de Chile: Universidad del Bío-Bío.

- FINK, D., BEATY, W., & CARROLL, J. (2010). Manual práctico electricidad ingenieros 11ava. Edición. New York: MacGraw Hill.
- Francisco, M. (2012). Instalación y puesta en marcha de aparatos de calefacción y climatización de uso doméstico: operaciones de fontanería y calefacción-climatización doméstica (Vol. 1). Málaga, España: IC Editorial.
- Galvez., U. M. (2013). Tecnicas de Investigacion. Madrid.
- GARCÌA Luis, G. (2014). Instrumentacion basica de medida y control. MADRIL: Asociaciòn Española de Normailzaciòn.
- GARCÍA, A. (2015). El control automático en la industria. España: Universidad de Castilla - La Mancha.
- GARIBALDI, J. (2009). Anàlisis y diseño del sistema de control de un robot. HABANA: Universidad de Buenos Aires.
- GAZQUEZ Erick, L. (2017). Sistemas de contro integrado. MALAGA: QUEST.
- GÓMEZ Julio, S. (2005). Instrumentacion y control. LA HABANA: Feliz,verela.
- GÓMEZ, S., & REYES, J. (2005). Instrumentación y Control. HABANA: Félix Varela.
- GUERRERO, R. (2012). Montaje de instalaciones automatizadas. MALAGA: All rights reserved.
- GUEVARA, R. (2009). Parametros hidráulico y electrico. MEXICO: RED UNIVERSIDAD AUTONOMA INDIGENA.
- HARPER, G. (2010). El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. México: Lumisa S.A. de C.V.
- HERMINIO, J & MOYANO, L. (2012). AUTOMATISMOS ELECTRICOS E INDUSTRIALES. BARCELONA: GRAFOS S.A.
- HERNANDEZ, Antonio. (2013). Montaje y Reparacion de Automatismos Electricos. Malaga: IC Editorial.
- INEN. (2001). Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio fisico.
- LANGENBACH, R. ( 2014). Introducción al proceso de datos. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A.

- Lisi, S. (25 de Enero de 2012). Investigación Documental, Definición y Ejemplos. Obtenido de <http://flujoinformacion.blogspot.com/2012/01/investigacion-documental-definicion-y.html>
- LÓPEZ, A. (2010). Metodologías de la Investigación. México: International Thomson Editores S.A.
- MEDINA, José. (2010). La automatización en la industria química (Vol. 1). Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya ISBN: 978-84-9880.
- MEJÍA, A. M. (2005). Guía práctica para manejar y reparar el computador. Medellín: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- MIRRAVETE, Antonio. (2012). Elevadores: principios e innovaciones. Barcelona: Editorial Reverté.
- MOLA, F. (2012). Instalación y puesta en marcha de aparatos de calefacción y climatización de calefones y climatización de uso doméstico. Málaga: Innovación y Cualificación, S.L.
- MOLINA Manuel, M. J. (2013). Electricidad Electromagnetismo. MADRIL ESPAÑA: Proques Ebrary. Wed.
- MOLINAR, Juan. (2013). Electricidad, electromagnetismo y electrónica aplicados al automóvil: mantenimiento de los sistemas eléctricos y electrónicos de vehículos (Vol. 1). Madrid, España: IC Editorial ISBN 9788416109425.
- MORENO, M. (2004). Bandas transportadora. BARCELONA: Reverté S.A.
- MORILLO Eduardo, S. (2013). Introducción a la síntesis y programación. CÁDIZ: ALL RIGHTS.
- NIETO, E. (2013). Mantenimiento Industrial Práctico: Aprende siguiendo el camino contrario. Sevilla: FIDESTEC.
- NÚÑEZ alvaro, G. (2010). Formación para el empleo. MADRIL: CEP,S.L..ALL RIGHTS RESERVED.
- Ortega Javier, R. (2013). Recuperado el 02 de 07 de 2017, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6706>
- ORTIZ, R. (2010). El control eléctrico. MEXICO: Instituto Politécnico.
- PARDO, A. (2012). Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos. Málaga: All rightsnreserved.
- PÉREZ Manuel, R. (2006). Elementos apra la discusión eléctrica. MEXICO: Proques.

- PÉREZ, C. (2006). Sensores Ópticos. Valencia: Servei de Publicacions.
- RAMÍREZ, M. (2011). Controlador logico programable basado en hardware. CUJAE: INSTITUTO SUPERIOR JOSÉ ANTONIO.
- REDONDEO, J. (2010). Analisis prácticos de circuitos eléctricos. MADRIL ESPAÑA: Hispano Hasa.
- REDONDO, P. (2009). Negocios electronicos. MADRIL: Proquest ebrary.
- RICO, J. C. (2009). Conocimientos técnico proceso. MADRIL: Sílex.
- RODRÍGUEZ, A. (2012). Montaje y reparación de automatismos eléctricos. MÁLAGAN: Pro Quest Ebrary.
- RODRIGUEZ, Aquilino. (2008). Comunicaciones industriales. Barcelona: Marcombo.
- RUIZ, D. (2012). Montaje y Reparación de Sistemas Eéctricos y ectrónicos de bienes de Equipo y Maquinas Industriales. Malaga: INNOVA.
- SANCHEZ, D., & MEJÍA, S. (2012). Proceso auxiliares de fabricación en el mecanizado. MALAGA: All rights reserved.
- SÁNCHEZ, Daniel. (2013). Introducción a la síntesis y programación de automatismos secuenciales (Vol. 1). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz ISBN 84-9828-403-4.
- SÁNCHEZ, R. (2014). Enseñar a investigar: una didáctica nueva de la investigación en ciencias sociales y humanas. México: Plaza y Valdés S.A.
- SANCHEZ., A. (2003). Control avanzado de proceso. MADRIL: All rights reserved.
- SEIPPEL, R. (2013). Fundamentos de Electricidad . España: Reverte S.A.
- SERNA, A; ROS, F; RICO, J. (2010). GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES. España: Creaciones Copyright.
- SERRANO, D. (2011). Proceso auxiliares de fabricación. MALAGAN: ProQuest ebrary.
- SOLBES, R. (2014). Automatismos Industriales. Conceptos y procedimientos. Valencia: Ulzama.
- SUDARIO, C., & CHIPANTIZA, I. (2013). Implemantacion de istalaciones. BUENOS AIRES: Reserved.
- TOBAJAS, C. (2012). Instaciones domòticas. BARCELONA: Cano pina.
- TORRES, J. (2009). Máquinas universal de ensayo. CARACAS: All rights reserved.



- VADILLO Oscar, R. (2012). Montaje y reparación del sistemas. MALAGA: Prosquet.
- VILABOA Jose, B. (2006). Automatización de selección. SANTIAGO DE CHILLE: Red revista Facultad de Ingeniería.
- ZABIAURREN, L. (2012). Electricista de matenimiento. BARCELONA: All rights reserved.
- ZAMBRANO REY, G. M. (2009). Estaciòn de control de calidad. BOGOTA: Universidad Javeriana.
- ZAMBRANO, R., PARRA, G., & RODRÌGUEZ, M. (2009). Estaciòn de control de calidad. BOGOTA: Universidad Javeriana.

## 16. ANEXOS

### A. Datos informativos personal de la tutora

#### DATOS PERSONALES

APELLIDOS:	CASTILLO FIALLOS	
NOMBRES:	JESSICA NATALY	
ESTADO CIVIL:	SOLTERA	
CEDULA DE CIUDADANIA:	0604590216	
NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:	0	
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:	GUANO, 9 DE FEBRERO 1988	
DIRECCION FAMILIAR:	RIOBAMBA/ ELOY ALFARO MZ H CASA 30	
TELÉFONO CONVENCIONAL:	032626628	
TELÉFONO CELULAR:	0984317422	
EMAIL INSTITUCIONAL:	jessica.castillo@utc.edu.ec	

#### ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CODIGO DE REGISTRO SENESCYT
TECER	INGENIERIA EN ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES	2012-05-18	1002-12-1139152
CUARTO	MAGISTER EN SEGURIDAD TELEMATICA	2016-07-08	1002-2016-1708850

#### HISTORIAL PROFECIONAL

FACULTAD EN LA QUE ELABORA: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**B. Datos personales del investigador**

NOMBRES: ROBINSON EDUARDO  
APELLIDOS: CHEVEZ BARBA  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1205569625  
FECHA DE NACIMIENTO: 12 DE JUNIO DE 1989  
LUGAR DE NACIMIENTO: LA MANÁ – ECUADOR:  
ESTADO CIVIL: SOLTERO  
DIRECCIÓN: EL TRIUNFO – LA MANÁ  
TELÉFONOS: 0980207554  
E-MAIL: rbin\_12@hotmail.com  
E-MAIL INSTITUCIONAL: robisonchevez@utc.edu.ec

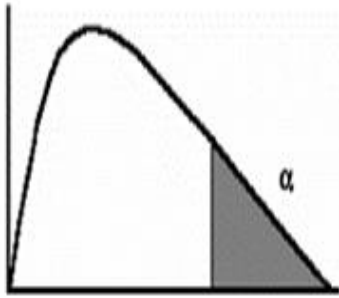
**FORMACIÓN ACADÉMICA**

ESTUDIOS PRIMARIOS: ESCUELA “NARCISO CERDA MALDONADO”  
ESTUDIOS SECUNDARIOS: INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO “SIETE DE OCTUBRE”  
ESTUDIOS SUPERIORES: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
EXTENSIÓN LA MANÁ

**TÍTULOS OBTENIDOS**

BACHILLER TÉCNICO ELECTRICISTA.  
PROCESO DE TITULACIÓN: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.

## C. Tabla Chi Cuadrado



The diagram shows a bell-shaped curve representing a chi-square distribution. A vertical line is drawn from the x-axis to the curve, and the area under the curve to the right of this line is shaded and labeled with the Greek letter alpha ( $\alpha$ ).

Grados de libertad	$\alpha=.995$	$\alpha=.99$	$\alpha=.975$	$\alpha=.95$	$\alpha=.90$	$\alpha=.10$	$\alpha=.05$	$\alpha=.025$	$\alpha=.01$	$\alpha=.005$
1	0.0000	0.0002	0.0010	0.0039	0.0158	2.7055	3.8415	5.0239	6.6349	7.8794
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.1026	0.2107	4.6052	5.9915	7.3778	9.2103	10.597
3	0.0717	0.1148	0.2158	0.3518	0.5844	6.2514	7.8147	9.3484	11.345	12.838
4	0.2070	0.2971	0.4844	0.7107	1.0636	7.7794	9.4877	11.143	13.277	14.860
5	0.4117	0.5543	0.8312	1.1455	1.6103	9.2364	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.6757	0.8721	1.2373	1.6354	2.2041	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.9893	1.2390	1.6899	2.1673	2.8331	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.3444	1.6465	2.1797	2.7326	3.4895	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.7349	2.0879	2.7004	3.3251	4.1682	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.1559	2.5582	3.2470	3.9403	4.8652	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188

**D. Construcción de la estructura**



**D. Estructurado de canaletas y riel**





**E. Cableado**



**F. Montaje de motores**



## H. Instalación del PLC



## I. Culminación del módulo

