



# **Ingeniería conceptual y diseño de banco de prácticas con PLC Siemens S7 1200 y motor trifásico con carga variable.**

**Nicolás Hernández Medina y Sergio Novoa Preciado.**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Bogotá, Colombia  
2020

# **Ingeniería conceptual y diseño de banco de prácticas con PLC Siemens S7 1200 y motor trifásico con carga variable.**

**Nicolás Hernández Medina y Sergio Novoa Preciado.**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero electromecánico.**

Director:  
M.Sc. Julián Pareja Garzón.

Línea de Investigación:  
Proyecto de ayudas educativas o del diseño o construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud.

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Ciudad, Colombia

2020

*“Lo que hoy queremos es tener un contacto más cercano y mejorar nuestro entendimiento como individuos y comunidades en el mundo entero, así como la eliminación del egoísmo y el orgullo, siempre propenso a empujar el mundo hacia la barbarie primitiva y el conflicto... La paz solo nos puede llegar como la consecuencia natural de una iluminación universal”.*

*Nikola Tesla.*

## **Agradecimientos**

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Así mismo, deseamos expresar nuestro reconocimiento a la institución que nos formó para llegar a este momento; a nuestro director y docentes.

## Resumen

El presente proyecto corresponde al diseño de un banco de prácticas de PLC y variador de velocidad con motor eléctrico trifásico sometido a una carga variable, en el laboratorio de automatización de la facultad de FIMEB de la sede sur. La carga variable opera mediante un proceso de cambio de temperatura de un fluido de trabajo en función de su viscosidad, realizando la supervisión de la temperatura del fluido por medio de un controlador. Durante el proceso se realiza el análisis de diferentes variables eléctricas presentes en la operación del banco con el fin de identificar los parámetros a ajustar en el variador de velocidad para controlar las RPM del motor. De esta forma incentivar el desarrollo de prácticas orientadas al uso de equipos de programación industrial con el objetivo de afianzar conceptos y adquirir nuevas destrezas.

El banco está diseñado para operar con un motor trifásico con potencia máxima 0,37 kW a una tensión de 220 V ac, los dispositivos de control y monitoreo (PLC, variador, sensores, pulsadores) están instalados en la parte frontal del banco, el cual es un cofre metálico de dimensiones 1200 x 600 x 300 mm (Ancho, alto, profundo).

Además, se realizan los manuales de ensamblaje en sitio de todos los componentes del banco de prácticas e instructivo de puesta en servicio, también los correspondientes archivos de programación para la parametrización del PLC y el variador de velocidad.

**Palabras clave:** PLC, variador de velocidad, motor asíncrono, fluido, banco de prácticas.

## **Abstract**

This project corresponding to the design of a practice bench for PLC and variable speed drive with a three-phase electric motor, sometimes with a variable load, in the automation laboratory of the FIMEB faculty in the southern headquarters. The variable load operates through a process of changing the temperature of a working fluid based on its density, performing the monitoring of the temperature of the fluid by means of a controller. During the process, the analysis of different electrical variables present in the operation of the bank is carried out in order to identify the parameters to be adjusted in the variable speed drive to control the RPM of the motor. In this way, encourage the development of practices oriented to the use of industrial programming equipment with the aim of strengthening concepts and acquiring new skills.

The bank is designed to operate with a three-phase motor with maximum power 0.37 kW at a voltage of 220 V ac, the control and monitoring devices (PLC, variator, sensors, pushbuttons) are installed on the front of the bank, which is a metal chest of dimensions 1200 x 600 x 300 mm (width, height, depth).

In addition, assembly manuals are made on site for all components of the practice bench and commissioning instructions, as well as the corresponding programming files for the parameterization of the PLC and the variable speed drive.

**Keywords:** PLC, speed variator, asynchronous motor, fluid, practice bench.

# Contenido

	Pág.
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>VI</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XII</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas.....</b>	<b>15</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>16</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>19</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>20</b>
<b>1. Objetivos.....</b>	<b>21</b>
1.1 Objetivo general.....	21
1.2 Objetivos específicos .....	21
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>23</b>
2.1 Características de los fluidos .....	23
2.1.1 Fluidos .....	23
2.1.2 Viscosidad.....	23
2.1.3 Variación de la viscosidad .....	24
2.1.4 Densidad.....	24
2.2 PLC (Controlador Lógico Programable) .....	25
2.2.1 PLC Siemens S7 1200 .....	25
2.3 Software STEP 7 .....	26
2.3.1 Propiedades software STEP 7 .....	26
2.3.2 Interfaz del software .....	27
2.3.3 Asignación de variables locales.....	27
2.3.4 Diagnóstico de hardware.....	28
2.4 Lenguaje de programación para PLC .....	28
2.5 Variador de velocidad Siemens G110.....	29
2.5.1 Ajuste de parámetros con el BOP .....	30
2.6 Motor síncrono.....	30

2.6.1	Velocidad síncrona .....	30
2.6.2	Motor bajo carga.....	31
<b>2.7</b>	<b>SolidWorks .....</b>	<b>31</b>
2.7.1	SolidWorks Electrical .....	31
2.7.2	Administración de proyectos .....	31
2.7.3	Creación de piezas .....	32
2.7.4	Proceso de ensamblaje .....	33
2.7.5	Vista explosionada.....	33
<b>3.</b>	<b>Desarrollo metodológico .....</b>	<b>35</b>
3.1	Metodología aplicada .....	35
3.2	Diagnóstico del banco de prácticas .....	36
3.3	Diseño del banco de prácticas en software SolidWorks Electrical .....	38
3.3.1	Planos eléctricos del banco de prácticas .....	38
3.3.2	Dibujo de armario y distribución de elementos.....	39
3.3.3	Ensamble del banco 3D.....	40
3.3.4	Listado de materiales arrojado por el software.....	41
3.3.5	Resultados del diseño.....	42
3.4	Diseño de sistema automático de calefacción de carga líquida variable .....	43
3.4.1	Características del sistema de calentamiento .....	43
3.4.2	Diagrama de conexión .....	44
3.4.3	Resistencia de calefacción.....	45
3.4.4	Tipo de resistencia.....	47
3.4.5	Dispositivo de control.....	47
3.4.6	Relé de estado sólido .....	48
3.4.7	Sensor de temperatura .....	50
3.4.8	Recipiente para líquido de trabajo.....	50
3.4.9	Resultado del sistema automático de calefacción .....	51
3.5	Selección de los instrumentos y equipos del banco de prácticas.....	52
3.5.1	PLC Siemens S7 1200.....	52
3.5.2	Variador de velocidad .....	53
3.5.3	Motor trifásico .....	56
3.5.4	Sensor inductivo .....	59
3.5.5	Elementos de protección termo magnética .....	61
3.6	Software para PLC y variador de velocidad.....	62
3.6.1	Programación por BOP de variador Sinamics .....	62
3.6.2	Simulación de PLC Ladder en Logo!Soft .....	65
<b>4.</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>67</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
<b>A.</b>	<b>Planos eléctricos y estructurales .....</b>	<b>71</b>
<b>B.</b>	<b>Guía 1: Introducción al banco de PLC.....</b>	<b>71</b>
<b>C.</b>	<b>Guía 2: Programación de ajustes en el variador de velocidad.....</b>	<b>72</b>
<b>D.</b>	<b>Guía 3: Control automático y carga variable.....</b>	<b>72</b>
<b>E.</b>	<b>Manual de instalación del banco de prácticas.....</b>	<b>73</b>



Contenido	IX
<b>F. Programas PLC</b> .....	<b>73</b>
<b>6. Bibliografía</b> .....	<b>75</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2-1:</b> Densidad del agua en función de la temperatura.....	25
<b>Figura 2-2:</b> PLC Siemens S7 1200 .....	26
<b>Figura 2-3:</b> Interfaz de programación STEP 7.....	27
<b>Figura 2-4:</b> Declaración de variables. ....	28
<b>Figura 2-5:</b> Variador Siemens G110. ....	29
<b>Figura 2-6:</b> Project Manager .....	32
<b>Figura 2-7:</b> Panel de gestión.....	33
<b>Figura 2-8:</b> Vista explosionada. ....	34
<b>Figura 3-1:</b> Diagrama de flujo del proyecto. ....	35
<b>Figura 3-2:</b> Estado actual del tablero eléctrico .....	37
<b>Figura 3-3:</b> Rotulo de planos eléctricos. ....	39
<b>Figura 3-4:</b> Distribución física de elementos .....	40
<b>Figura 3-5:</b> Vista 3D del banco de prácticas. ....	41
<b>Figura 3-6:</b> Listado de materiales. ....	41
<b>Figura 3-7:</b> Vista frontal banco de prácticas.....	42
<b>Figura 3-8:</b> Diagrama de bloques control automático de temperatura.....	44
<b>Figura 3-9:</b> Diagrama de conexión eléctrica del sistema automático .....	45
<b>Figura 3-10:</b> Resistencia de ferróníquel tipo inmersión .....	47
<b>Figura 3-11:</b> Relé de estado sólido FOTEK .....	49
<b>Figura 3-12:</b> Termocupla o Termopar tipo K.....	50
<b>Figura 3-13:</b> Contenedor de carga variable liquida .....	51
<b>Figura 3-14:</b> Grupo de calefacción y medida de temperatura .....	51
<b>Figura 3-15:</b> Panel frontal y cable de comunicación con PC del Simanics G110. ....	62
<b>Figura 3-16:</b> Pasos para acceder al menú del convertidor Sinamics .....	63
<b>Figura 3-17:</b> Cable de comunicación PLC Siemens a PC .....	64
<b>Figura 3-18:</b> Simulación PLC en Logo!Soft.....	65

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2-1:</b> Valores de viscosidad en líquidos comunes .....	24
<b>Tabla 3-1:</b> Diagnósticos de los elementos existentes. ....	36
<b>Tabla 3-2:</b> Viscosidad de fluidos.....	43
<b>Tabla 3-3:</b> Comparativo de controladores de temperatura usados en la industria .....	48
<b>Tabla 3-4:</b> Comparativo de las características de un PLC .....	52
<b>Tabla 3-5:</b> Comparativo de marcas de convertidores de frecuencia. ....	54
<b>Tabla 3-6:</b> Velocidades síncronas motor trifásico. ....	56
<b>Tabla 3-7:</b> Valores nominales motor trifásico.....	58
<b>Tabla 3-8:</b> Comparativo sensores inductivos.....	60
<b>Tabla 3-9:</b> Características de las protecciones termo magnéticas. ....	61
<b>Tabla 3-10:</b> Parámetros fundamentales Sinamics G110.....	63



## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Nombre	Magnitud
<i>A</i>	Amperios	Corriente eléctrica
$^{\circ}\text{C}$	Celsius	Temperatura
<i>Hz</i>	Hercio	Frecuencia
<i>HP</i>	Caballos de fuerza	Potencia
<i>K</i>	Kelvin	Temperatura
<i>kg</i>	kilogramo	Masa
$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	kilogramo por metro cubico	Densidad
<i>mA</i>	Miliamperios	Corriente eléctrica
<i>m</i>	Metro	Longitud
$\text{m}^2$	Metros cuadrados	Área
<i>mm</i>	Milímetros	Longitud
<i>Pa</i>	Pascal	Presión
<i>RPM</i>	Revoluciones por minuto	Velocidad angular
<i>s</i>	Segundo	Tiempo
<i>V</i>	Voltaje	Diferencia de potencial
<i>W</i>	Vatio	Potencia eléctrica

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Nombre	Magnitud
$\Omega$	Ohmio	Resistencia eléctrica
$\rho$	Número de polos del motor	
$\eta_s$	Velocidad sincrónica	Velocidad angular

## Introducción

En la actualidad la industria crece a un ritmo elevado por lo que el desarrollo de nuevas tecnologías y de procesos automatizados es de vital importancia, permitiendo optimizar y aumentar la eficiencia en los procesos de producción. El fortalecimiento de estas tareas tiene innumerables beneficios para los productores como mejoras en los tiempos de fabricación, número de unidades generadas y mayor calidad en el producto final, entre otras.

Todo esto se puede llevar a cabo realizando el control y supervisión de variables físicas, químicas y eléctricas que son utilizadas en los diferentes procesos industriales, mediante el uso de controladores lógicos los cuales permiten ser programados según la necesidad, además de brindar compatibilidad con innumerable instrumentación de medida para el control óptimo de los procesos.

Contar con herramientas didácticas que permitan desarrollar este tipo de habilidades de programación y análisis en el ámbito académico son muy importantes ya que permite fortalecer las habilidades adquiridas y genera adaptación a las exigencias del mercado profesional.

El laboratorio de la facultad contaba con equipos didácticos los cuales no se encontraban en uso por diferentes motivos, lo cual genera que los recursos de la universidad no sean aprovechados al máximo en el ámbito académico por estudiantes y docentes.

El presente proyecto presenta el diseño e ingeniería conceptual de un banco de prácticas con PLC Siemens y variador de velocidad, además del diseño de un sistema de carga variable para un motor trifásico. El sistema de carga opera por medio del cambio de temperatura en un fluido de trabajo inmerso en un recipiente acoplado al motor eléctrico,

el incremento de temperatura genera cambios en las propiedades físicas del fluido (densidad, viscosidad) modificando de esta forma la carga asociada al motor.

En el capítulo 2 el lector podrá detallar la teoría y los conceptos empleados para el desarrollo del proyecto, utilizando definiciones específicas adquiridas principalmente de fuentes académicas y artículos publicados por fabricantes industriales. Para facilitar la comprensión de la información se emplea el uso de gráficos e ilustraciones, los cuales están relacionadas en su respectiva tabla de figuras.

En el capítulo 3 se observa el procedimiento metodológico empleado para el desarrollo del proyecto, en éste se encuentran subcapítulos donde el lector encontrará el resultado de los objetivos planteados al inicio del texto. También se muestran las herramientas de software utilizadas para el diseño estructural del banco de prácticas y la programación de los respectivos dispositivos de automatización.

El análisis de los resultados y las conclusiones obtenidas se desarrollan durante los capítulos 4 y 5 respectivamente, donde se profundiza en cada uno de los objetivos logrados durante el desarrollo, realizando su correspondiente interpretación.

## Antecedentes

En el mercado existen diferentes fabricantes que producen y adaptan equipos de PLC didácticos especializados para la enseñanza y las prácticas académicas. Entre los más destacados y comerciales se encuentra la reconocida multinacional alemana FESTO con referencias como Edutrainner o SCE Trainer (SE, 2017), también se encuentra Siemens con su reconocida referencia LOGO (AG, 2019) y la familia S7 que son muy utilizados en la industria y la enseñanza.

Actualmente el laboratorio de la facultad cuenta con seis (6) bancos de prácticas que poseen un PLC marca Siemens con su correspondiente variador de velocidad los cuales no se encuentran en funcionamiento debido que el software de programación STEP 7 con el que cuenta la universidad se encuentra en una versión desactualizada.

En pro de contribuir a la universidad y a sus instalaciones, estudiantes de carreras de ingeniería optan por realizar proyectos para la construcción o modernización de equipos de laboratorio, permitiendo mejorar las condiciones académicas tanto para estudiantes como para los docentes.



## Justificación

Las instituciones de educación superior han identificado que la educación está sufriendo cambios significativos por lo tanto deben adaptarse y mejorar sus metodologías para formar profesionales, en especial ingenieros capacitados que se enfrenten a las exigencias del mercado laboral.

Por lo tanto, respondiendo a estos requerimientos una de las alternativas es llevar al estudiante a prácticas de laboratorio en las cuales se enfrente a situaciones y requerimientos reales. En consecuencia, los ambientes académicos deben contar con equipos y herramientas que permitan al estudiante aplicar conocimiento adquirido, mediante la ejecución de ejercicios prácticos y cada vez más similares a los requerimientos de la industria.

Actualmente en la universidad Antonio Nariño sede sur se han identificado nuevas necesidades para los estudiantes y profesores en el ámbito práctico de algunas materias de ingeniería. En el laboratorio de la facultad de FIMEB se identificó que los bancos didácticos instalados no cuentan con el software de programación actualizado, por tal razón no se encuentran en uso.

La implementación de un banco de prácticas es de vital importancia, ya que ofrece múltiples beneficios para los estudiantes permitiendo desarrollar y perfeccionar habilidades, además de observar el comportamiento de equipo industrial; dentro de las cuales se encuentran:

- Análisis e interpretación de parámetros eléctricos.
- Ajuste y programación de controladores lógicos.
- Interacción con instrumentación de medida industrial.

## **Alcance**

El proyecto busca diseñar en un software CAD un banco de prácticas didáctico con PLC Siemens S7 1200 y su respectiva ingeniería conceptual para la adecuada selección de cada uno de los instrumentos.

Para lo cual se realiza el diseño de un sistema de carga variable compuesto por un recipiente que contiene un fluido, el cual es calentado por medio de una resistencia eléctrica generando cambios en su viscosidad. Se realiza la instalación de sensores, controlador de temperatura y motor trifásico para la operación del sistema.

Teniendo en cuenta las características de los fabricantes de los sensores a utilizar se realiza la ingeniería de selección de cada uno de los instrumentos para el diseño del banco de pruebas y el desarrollo de las guías de trabajo.

Elaboración de guías de trabajo para las prácticas de laboratorio con el banco didáctico, dentro de cada guía de laboratorio se incluye la programación de lenguaje Ladder, programación del variador de velocidad o los pasos para que el usuario pueda hacerlo de forma clara.

# 1. Objetivos

## 1.1 Objetivo general

Desarrollar la ingeniería conceptual y diseñar un banco de prácticas con PLC siemens S7 1200 y motor trifásico con carga variable.

## 1.2 Objetivos específicos

1. Diseñar un sistema automático para el calentamiento de un fluido por medio de una resistencia de ferroníquel y selección de relé de estado sólido con controlador de temperatura.
2. Seleccionar instrumentos de medida apropiados para el análisis de variables eléctricas y realimentación del sistema de control de temperatura.
3. Realizar los diferentes programas para el PLC Siemens S7 1200 y el variador de frecuencia Sinamics G110 para la ejecución de guía de trabajo.
4. Diseñar y simular en software CAD el montaje y operación del banco didáctico de prácticas.
5. Elaborar tres (3) guías y un (1) manual de instrucciones para el ensamble en sitio del banco de prácticas.



## 2. Marco teórico

### 2.1 Características de los fluidos

Los fluidos poseen diferentes propiedades físicas (densidad, viscosidad, gravedad específica) las cuales presentan variaciones al someterse a cambios en su temperatura, estas modificaciones en sus características son aprovechadas en innumerables aplicaciones de tipo industrial.

#### 2.1.1 Fluidos

Es una sustancia la cual es incapaz de soportar fuerzas de interacción o esfuerzos de corte sin presentar deformaciones, por mínima que sea la fuerza aplicada (Agudelo, 2004). Los fluidos se dividen en:

- Líquidos: en un líquido las moléculas están unidas debido a la interacción de fuerzas, las cuales determinan su volumen, pero no su forma. Son considerados fluidos incomprensibles debido a que sus propiedades se ven poco afectadas con el cambio de presión o temperatura (Agudelo, 2004).
- Gaseosos: un gas está compuesto por partículas en constante movimiento que interactúan entre sí, las cuales se despliegan por el recipiente contenedor sin adoptar una forma o volumen definido (Agudelo, 2004).

#### 2.1.2 Viscosidad

Es la oposición al movimiento libre de las moléculas que presenta un fluido. Cuando un fluido circula por un medio se presentan pérdidas de energía por fricción ocasionadas por la viscosidad del fluido. Existen dos tipos de viscosidad en el estudio de fluidos las cuales son: viscosidad dinámica y viscosidad cinemática, que se presentan dependiendo de las características de operación del fluido (Mott, 2006).

Las unidades utilizadas en el Sistema Internacional (SI) para la viscosidad dinámica son  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ , o el  $\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$ . Mientras que para las unidades en el SI para la viscosidad cinemática son  $\text{m}^2/\text{s}$  (Mott, 2006). Donde:

$\text{Pa}$  = Pascales (unidad de presión).

s = Segundos (unidad de tiempo).

kg = kilogramo (unidad de masa).

m<sup>2</sup> = Metros cuadrados (unidad de área).

### 2.1.3 Variación de la viscosidad

La variación de viscosidad de un fluido en función de la temperatura está relacionada con el índice de viscosidad, este valor está determinado por la medición<sup>1</sup> de viscosidad de un fluido a una temperatura de 40 °C y 100 °C. Los fluidos que presentan un índice de viscosidad bajo presentan grandes cambios en su viscosidad en función su temperatura (Mott, 2006). En la tabla 2-1 se observa los valores de viscosidad para algunos fluidos.

**Tabla 2-1:** Valores de viscosidad en líquidos comunes.

Fluido	Temperatura (°C)	Viscosidad dinámica (N · s/m <sup>2</sup> o Pa · s)
Agua	20	1.0 x 10 <sup>-3</sup>
Gasolina	20	3.1 x 10 <sup>-4</sup>
Aceite SAE 30	20	3.5 x 10 <sup>-1</sup>
Aceite SAE 30	80	1.9 x 10 <sup>-2</sup>

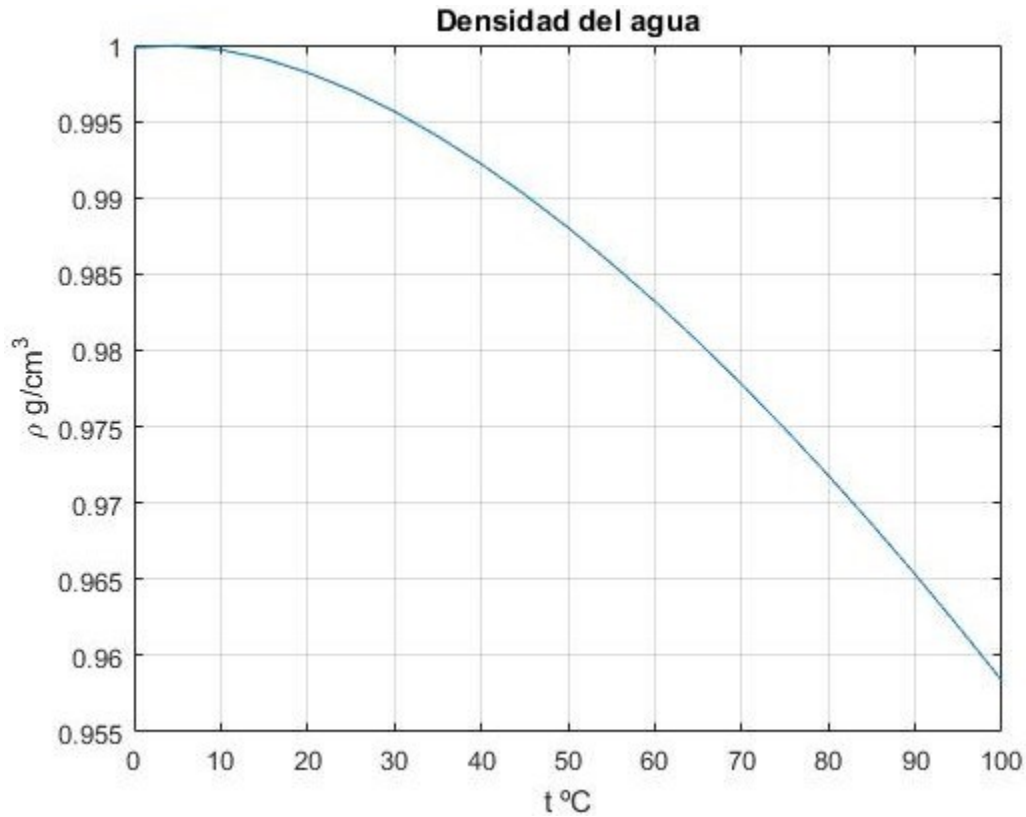
Fuente: (Mott, 2006).

### 2.1.4 Densidad

La densidad es la relación existente entre la cantidad de masa de la sustancia y su volumen. Su unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cubico (kg/m<sup>3</sup>) (Buffa, 2003). En la figura 2-1 se observa el comportamiento de la densidad del agua al incremental su temperatura.

---

<sup>1</sup> La ASTM (Sociedad Americana para pruebas y materiales) establece normas para la medición de viscosidad.

**Figura 2-1:** Densidad del agua en función de la temperatura.

(Vasco, 2016).

## 2.2 PLC (Controlador Lógico Programable)

Es un dispositivo electrónico con un número determinado de entradas y salidas, en las cuales van conectados los captadores y actuadores del sistema. Mediante el software correspondiente para cada fabricante se realiza un programa encargado de relacionar los dispositivos de entrada con los de salida. La memoria del PLC es la encargada de almacenar y ejecutar de forma secuencial el programa diseñado para la automatización de un proceso (Monzó, 2013).

### 2.2.1 PLC Siemens S7 1200

EL PLC Siemens S7 1200 ofrece características de operación adaptables para la automatización y control de diferentes tipos de procesos. Sus propiedades de diseño le permiten controlar múltiples dispositivos de automatización (sensores, actuadores, captadores de señales analógicas). Dentro de las características de diseño resaltan:

entradas analógicas incorporadas, fuente de alimentación integrada, microprocesador en su CPU, entre otras (Siemens, 2014) .

En la figura 2-2 se observa el módulo del PLC Siemens S7 1200 dispuesto en el laboratorio de la universidad Antonio Nariño.

**Figura 2-2:** PLC Siemens S7 1200.



Fuente: Propia.

## 2.3 Software STEP 7

El software de ingeniería STEP 7 permite la programación y ajuste de los parámetros de operación del PLC Siemens S7 1200, ofreciendo respaldo para el desarrollo del proyecto con sus múltiples herramientas y funciones integradas (Siemens, SINAMIC STEP 7, 2013).

### 2.3.1 Propiedades software STEP 7

Dentro de las características y propiedades de operación que ofrece el software de programación para PLC Siemens se destacan las siguientes:

- Configuración y parametrización de dispositivos de la familia Siemens.
- Funciones de diagnóstico y detección de fallas.
- Interfaz de navegación básica e intuitiva.



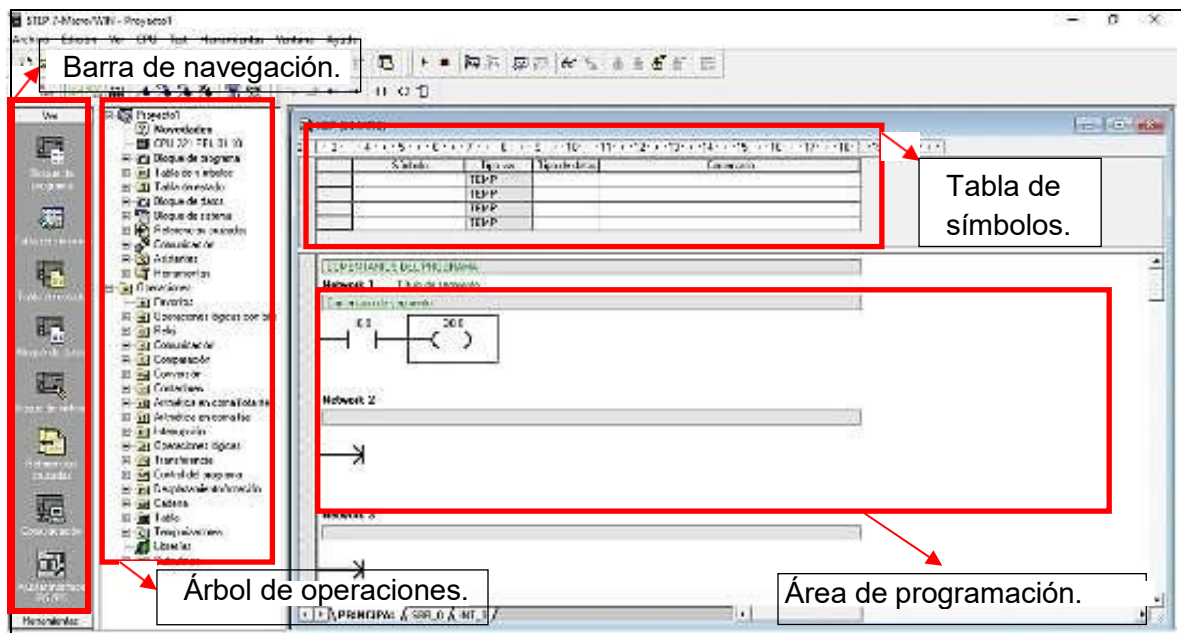
- Respaldo y soporte por la marca Siemens.
- Integración con otros softwares de simulación y diagnóstico.

Información obtenida de (Siemens, SINAMIC STEP 7, 2013).

### 2.3.2 Interfaz del software

Para la ejecución del presente proyecto se utiliza el software STEP 7 Micro/ Win de la marca Siemens, el cual es utilizado para la programación de autómatas de versiones anteriores de la familia Siemens como es la S200 el cual comparte una interfaz de programación compatible con la de la familia S7 1200. En la figura 2-3 se puede observar la interfaz del software STEP 7.

**Figura 2-3:** Interfaz de programación STEP 7.



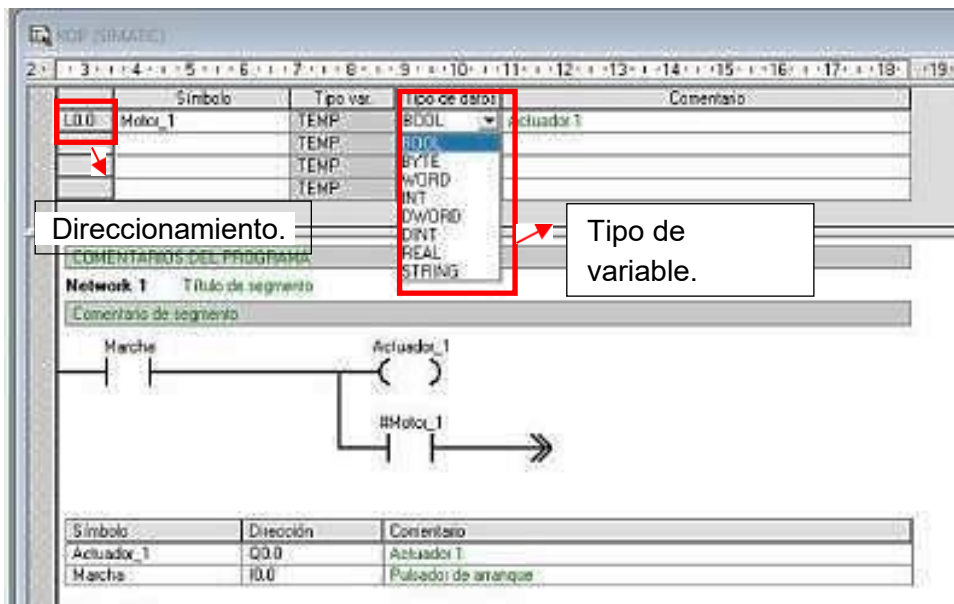
Fuente: Propia.

### 2.3.3 Asignación de variables locales

Una variable local restringe su operación al fragmento de programa donde fue declarada, solo puede ser manipular en dicha sección y pierde validez fuera de ella (Granada, 2018). El direccionamiento de las variables se realiza ingresando la información el cuadro de símbolo y seleccionando el tipo de variable, el software realiza el direccionamiento

simbólico utilizando una combinación de caracteres alfanuméricos como se observa en la figura 2-4.

**Figura 2-4:** Declaración de variables.



Fuente: Propia.

### 2.3.4 Diagnóstico de hardware

Esta herramienta permite realizar la validación de los componentes del sistema de automatización, identificando la presencia de fallas en los módulos de operación. Se puede visualizar información detallada como:

- Información general (referencia, versión, denominación).
- Problemas de ejecución del programa.
- Datos de entradas y salidas, contadores y temporizadores

Información obtenida de (Siemens, SINAMIC STEP 7, 2013).

## 2.4 Lenguaje de programación para PLC

Debido a la cantidad de fabricantes y arquitecturas existentes para PLC, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) estandarizó los lenguajes de programación para los autómatas programables bajo la norma IEC 1131. Dentro de los cuales se encuentra el

lenguaje gráfico, donde las instrucciones se representan de forma esquemática como el lenguaje Ladder o escalera (Vázquez, 2013).

## 2.5 Variador de velocidad Siemens G110

El variador de velocidad Sinamics G110 es utilizado para regular la velocidad de motores trifásicos en un rango de potencia hasta 0.370 kW. Su operación está controlada por un microprocesador y emplean tecnología IGBT (Insulate Gate Bipolar Transistor). Los parámetros de ajuste del Sinamics G110 se pueden realizar por medio de su panel de operación BOP (Basic Operator Panel) o por medio de su interfaz (Siemens, SINAMICS G110, 2004). En la figura 2-5 se observa el variador de frecuencia Sienes G110.

**Figura 2-5:** Variador Siemens G110.



Fuente: (Siemens, SINAMICS G110, 2004)

Dentro de las principales características de operación del variador de velocidad Siemens G110 se destacan:

- Puesta en marcha sencilla.
- Características de separación galvánicas en entradas digitales.
- Altas frecuencias de operación.
- Información de estado y alarmas visibles en panel de operación.
- Tiempo de respuesta rápido a señales de mando.
- Protección de sobretensión, cortocircuito y fallas a tierra.

Información obtenida de (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

### **2.5.1 Ajuste de parámetros con el BOP**

El panel básico de operación permite la modificación de parámetros para una puesta en servicio completa, modificando señales de control y velocidad. El BOP posee un display de visualización de cinco cifras donde se pueden observar y modificar parámetros. El variador posee una frecuencia nominal preajustada para motores de 50 Hz, este valor se puede cambiar por medio del interruptor DIP en la parte frontal del dispositivo para el funcionamiento de motores a 60 Hz (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

## **2.6 eMotor síncrono**

Los motores de inducción o asíncronos son los motores más utilizados en la industria. Son simples, resistentes, económicos y fácil de mantener. Su principio de operación está basado en la inducción electromagnética y el flujo de campos magnéticos generados en las bobinas (Wildi, 2007).

### **2.6.1 Velocidad síncrona**

La velocidad de sincronismo es la velocidad en la que se iguala la velocidad de giro del motor con la velocidad del campo magnético del estator, su valor está en función del número de polos con que fue construido el motor y la frecuencia de alimentación (Harper, 2005). El valor de la velocidad síncrona está dado por la ecuación (2.1), como se muestra a continuación:

Velocidad síncrona motor trifásico.

$$n_s = \frac{120 f}{p} \tag{2.1}$$

Donde:

$n_s$  = velocidad síncrona.

$f$  = Frecuencia de la red (Hertz).

$p$  = Número de polos del motor.

### **2.6.2 Motor bajo carga**

Cuando es acoplada una carga mecánica a un motor eléctrico la corriente consumida y el voltaje inducido aumentan, presentando un momento de torsión cada vez más elevado y una reducción en la velocidad de giro. El motor girará a una velocidad constante cuando el par de la carga mecánica acoplada y el momento de torsión del motor tengan el mismo valor (Wildi, 2007).

## **2.7 SolidWorks**

Es un software de diseño CAD 3D que permite la creación y modelado de piezas a partir de un croquisado en 2D generado por el usuario. Sus múltiples herramientas abarcan todo el proceso de diseño, desde la creación y simulación, hasta la etapa de gestión de datos. Sus herramientas de simulación permiten monitorear y garantizar la calidad del diseño en todas sus etapas, sometiendo los elementos a condiciones reales de operación (SOLIDWORKS, 2020).

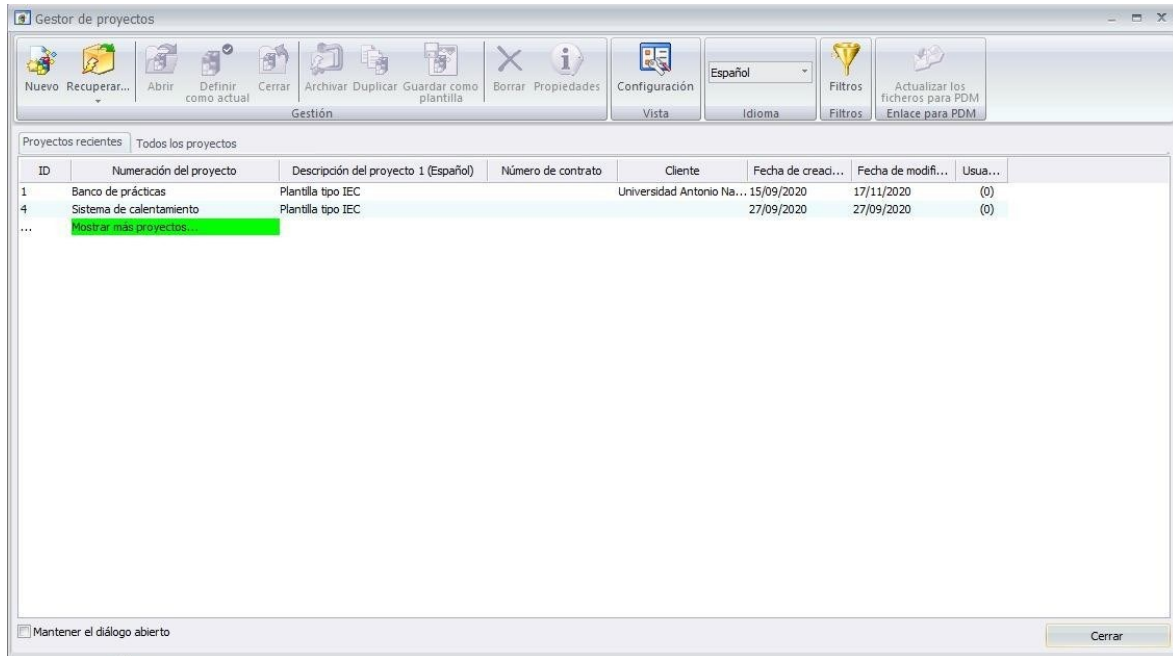
### **2.7.1 SolidWorks Electrical**

Es una herramienta que facilita la creación de esquemas eléctricos, basada en una serie de herramientas diseñadas para la disciplina de la ingeniería. El diseñador puede definir conexiones de sistemas eléctricos mediante esquemas unifilares o multifilares, junto con las bibliotecas de símbolos integradas y la información de piezas del fabricante, además de sus respectivos modelos en 3D (SOLIDWORKS, SOLIDWORKS Electrical Schematics, 2018).

### **2.7.2 Administración de proyectos**

Al iniciar SolidWorks Electrical el Project Manager se muestra automáticamente como se observa en la figura 2-6, mediante esta interfaz es posible abrir proyectos existentes, crear nuevos proyectos, crear copias o editar las propiedades de proyectos en específico (SOLIDWORKS, Fundamentals of SOLIDWORKS Electrical, 2016).

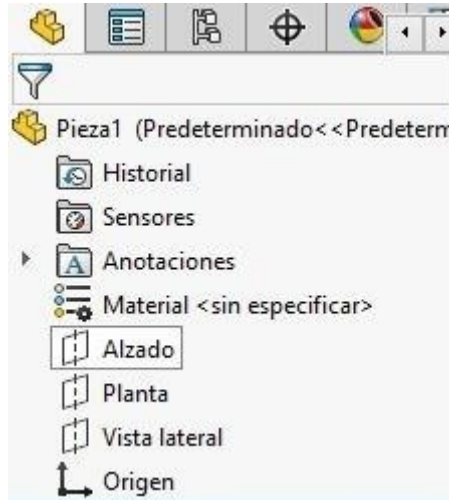
Figura 2-6: Project Manager.



Fuente: Propia.

### 2.7.3 Creación de piezas

Para la creación de un nuevo proyecto el software ofrece diversas posibilidades, como la creación de una pieza individual, realizar un ensamblaje partiendo de previas diseñadas anteriormente, elaborar un dibujo originado desde piezas o ensamblajes. Cuando se crea una pieza se despliega el panel de gestión como se muestra en la figura 2-7 donde se puede acceder al historial de comandos ejecutados, material seleccionado para la pieza y los diferentes tipos de vista de la pieza (vista, planta y alzado) (SOLIDWORKS, Fundamentals of SOLIDWORKS Electrical, 2016).

**Figura 2-7:** Panel de gestión.

Fuente: Propia.

### 2.7.4 Proceso de ensamblaje

El ensamblaje es el proceso mediante el cual se acoplan las piezas creadas individualmente para la generación de un modelo, puede contener un máximo de mil piezas o subensamblajes. Si una pieza incorporada al ensamblaje es modificada de forma individual esta modificación se ve reflejada en modelo, ya que la pieza y el modelo se encuentran vinculados (SOLIDWORKS, My SolidWorks, 2018).

Las piezas se vinculan a un ensamblaje por medio de relaciones de posición las cuales son relaciones geométricas entre los elementos del ensamblaje, que permiten delimitar las direcciones de movimiento de los componentes (SOLIDWORKS, My SolidWorks, 2018).

Algunas de las relaciones de posición más utilizadas son:

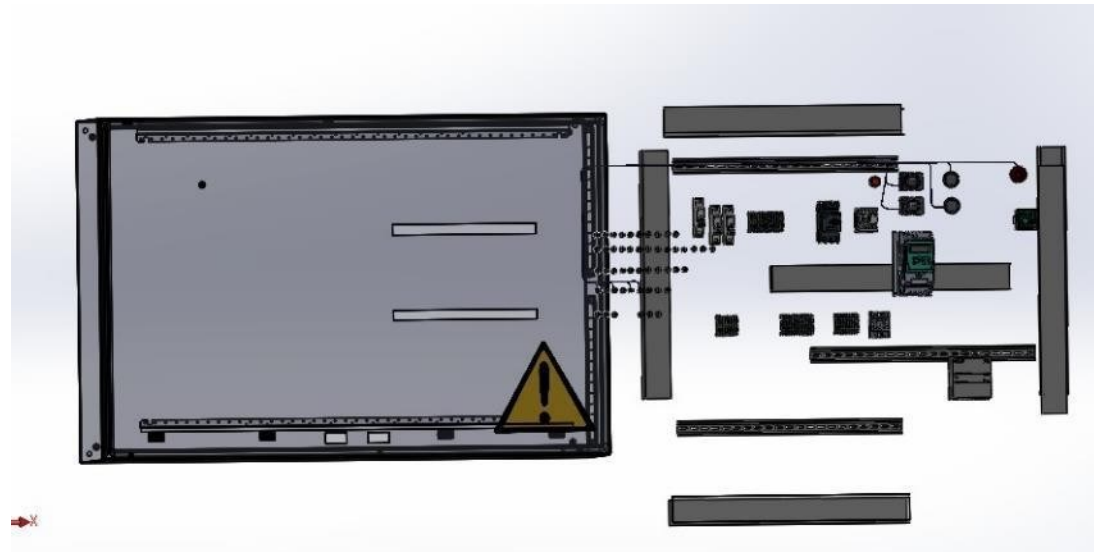
- Relación de posición de ángulo.
- Relación de posición coincidente.
- Relación de posición concéntrica.
- Relación de posición tangente.

### 2.7.5 Vista explosionada

La vista explosionada es una forma de representación gráfica donde se observan los componentes de un ensamblaje de forma ordenada, como se muestra en la figura 2-8.

Dentro la barra de ensamblaje se encuentra la opción de vista de ensamblaje la cual permite seleccionar las piezas y desplazarlas dentro de los ejes X, Y y Z para su visualización (SOLIDWORKS, My SolidWorks, 2018).

**Figura 2-8:** Vista explosionada.



Fuente: Propia



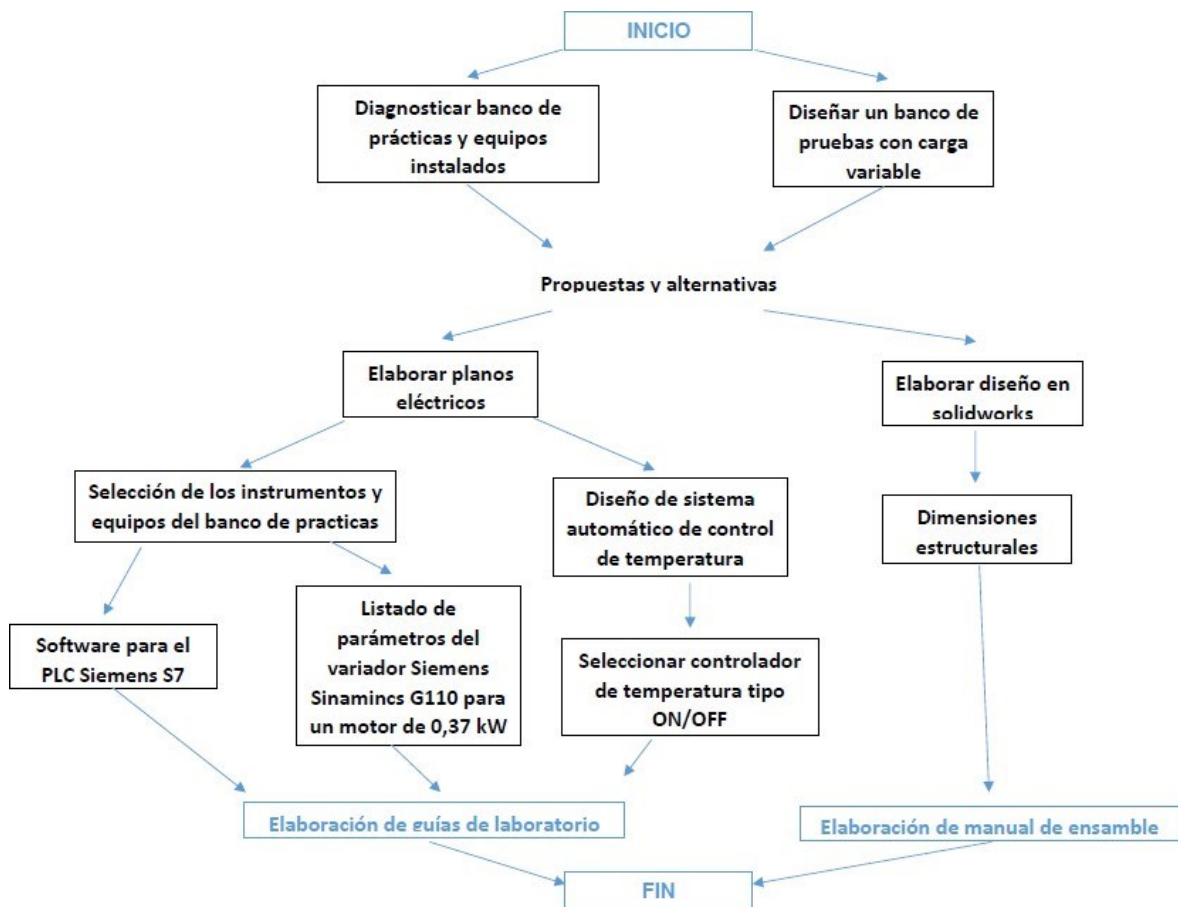
### 3. Desarrollo metodológico

En este capítulo se evidencia el proceso empleado para el diseño y simulación del banco de prácticas, mostrando la secuencia adoptada y los resultados obtenidos a partir del software CAD.

#### 3.1 Metodología aplicada

El diagrama de flujo de la figura 3-1 muestra los aspectos que se tuvieron en cuenta para darle un orden de desarrollo al diseño del banco de prácticas.

Figura 3-1: Diagrama de flujo del proyecto.



Fuente: Propia.

## 3.2 Diagnóstico del banco de prácticas

Durante la visita lo primero que se hace es realizar un levantamiento de información del estado actual del banco de prácticas, identificando cada uno de los elementos instalados en el tablero y su estado operativo como se muestra en la tabla 3-1. Se verifica el estado de los elementos realizando una inspección visual y alimentando algunos de estos a tensión nominal para observar su comportamiento.

**Tabla 3-1:** Diagnósticos de los elementos existentes.

Equipo	Marca y referencia	Cantidad	Estado operativo	Reutilización
PLC	Siemens S7 1200 CPU 1214C	1	Funcional	SI
Variador de velocidad	Siemens Sinamics G110	1	Funcional	SI
Contactador	Siemens SIRUS 3RT1017-1BB41	1	Funcional	SI
Guardamotor	Siemens SIRUS 3RV1011-1EA10	1	Funcional	SI
Breaker monofásico	Siemens 5SX21 C6	1	Funcional	SI
Relé temporizador	Siemens SIRUS 3RP1525-1AP30	1	Funcional	NO
Bornera tipo hembra	Sin marca	72	Funcional	SI
Tablero eléctrico galvanizado	Sin marca	1	Funcional	SI

Fuente: Propia.

Se realiza un levantamiento del cableado existente entre los dispositivos, observando conexiones deficientes debido a la falta de terminales en ambos extremos del cableado, también se identifica que el cableado no está maquillado con etiquetas de origen-destino. Con base a la información adquirida se procede a realizar un diagrama eléctrico del estado actual del banco de prácticas.

El banco de prácticas cuenta principalmente con un PLC Siemens S7 1200 y un variador de velocidad Siemens G110, según información suministrada por profesores de la facultad el banco no se encuentra operativo debido a que la universidad no cuenta con la versión actualizada del software de programación STEP 7 del PLC, sin embargo, se encuentra en el proceso de renovación.

Además, se identifica que el banco no cuenta con instrumentación necesaria para la ejecución de prácticas de laboratorio como se observa en la figura 3-2. El variador de frecuencia permite realizar diferentes tipos de ajuste de salida con el fin de controlar la velocidad de giro de un motor eléctrico, sin embargo, no se cuenta con un motor en el cual se pueda observar el comportamiento y las variaciones correspondientes a los parámetros ajustados.

**Figura 3-2:** Estado actual del tablero eléctrico.



Fuente: Propia.

Un banco de prácticas debe ser una herramienta que permita al estudiante ejecutar diversas prácticas en las que involucre elementos de operación y pueda aplicar conocimientos adquiridos previamente. Por tal razón se debe ampliar los dispositivos instalados actualmente y se deben incluir:

- Elementos de control, como pulsadores, selectores e interruptores; estos dispositivos permiten crear lógicas de enclavamientos y permisivos de operación.
- Dispositivos de monitoreo, los sensores permiten detectar cambios en una variable física y son altamente usados en la industria.
- Actuadores, ya que el banco cuenta con un variador de velocidad es indispensable contar con un motor eléctrico en el cual se pueda observar los cambios realizado en el controlador de velocidad.

### **3.3 Diseño del banco de prácticas en software SolidWorks Electrical**

Para el diseño del banco de prácticas inicialmente se realizó un levantamiento de información de los elementos existentes, posteriormente se realizó un análisis de los dispositivos que se deben incluir para ampliar y mejorar las actividades a desarrollar en los bancos de prácticas. Para esto se llevó a cabo una selección detallada de la instrumentación requerida teniendo en cuenta múltiples aspectos como se observó anteriormente.

Se selecciona el software de diseño y simulación SolidWorks en conjunto con su complemento SolidWorks Electrical, ya que esta herramienta permite la creación de planos eléctricos, implantación de armarios en 2D y el posterior ensamble de componentes en 3D.

Para realizar el diseño en este software inicialmente se verifico que estuviera activado el complemento de SolidWorks Electrical, el cual es indispensable para la creación, modificación y exportación de nuevos proyectos. También se confirmó el acceso a la edición de librerías implantadas en el programa las cuales permiten modificar y adicionar símbolos, agregar referencias de fabricante e insertar componentes en 3D.

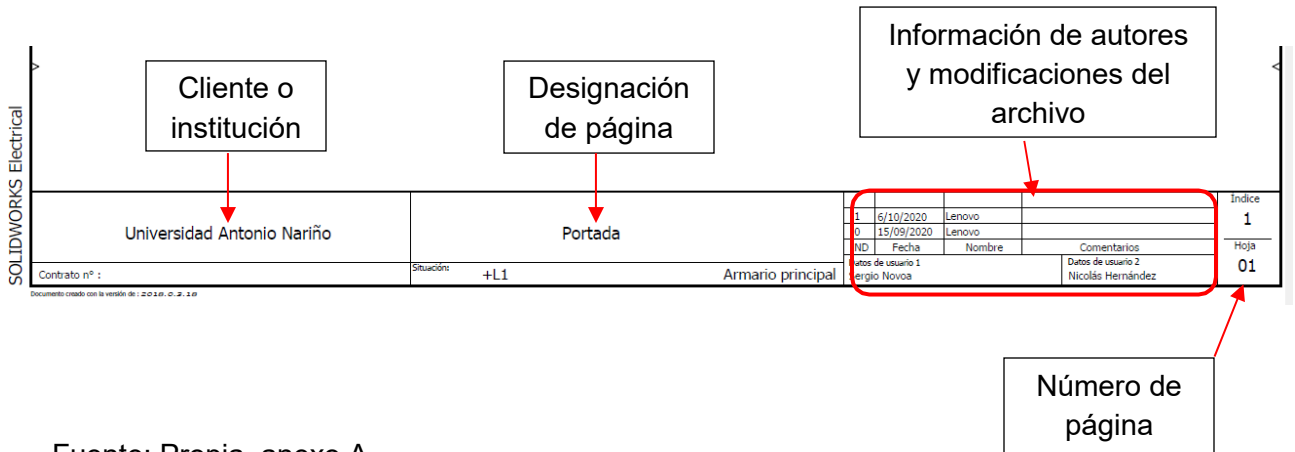
#### **3.3.1 Planos eléctricos del banco de prácticas**

Para la creación de los planos eléctricos se utilizó la simbología instalada y se adicionó algunos símbolos específicos faltantes de elementos como PLC, variador de velocidad y dispositivos de control. Como resultado se obtuvieron 17 páginas (anexo A) en las cuales está representado las conexiones eléctricas correspondientes a las salidas y entradas del

PLC, variador de velocidad y elementos de conexión. Además, está incluido el esquema eléctrico del sistema de carga variable diseñado para el motor eléctrico.

El rotulo de cada plano dibujado especifica los datos del proyecto, tales como se presenta en la figura 3-3.

**Figura 3-3:** Rotulo de planos eléctricos.



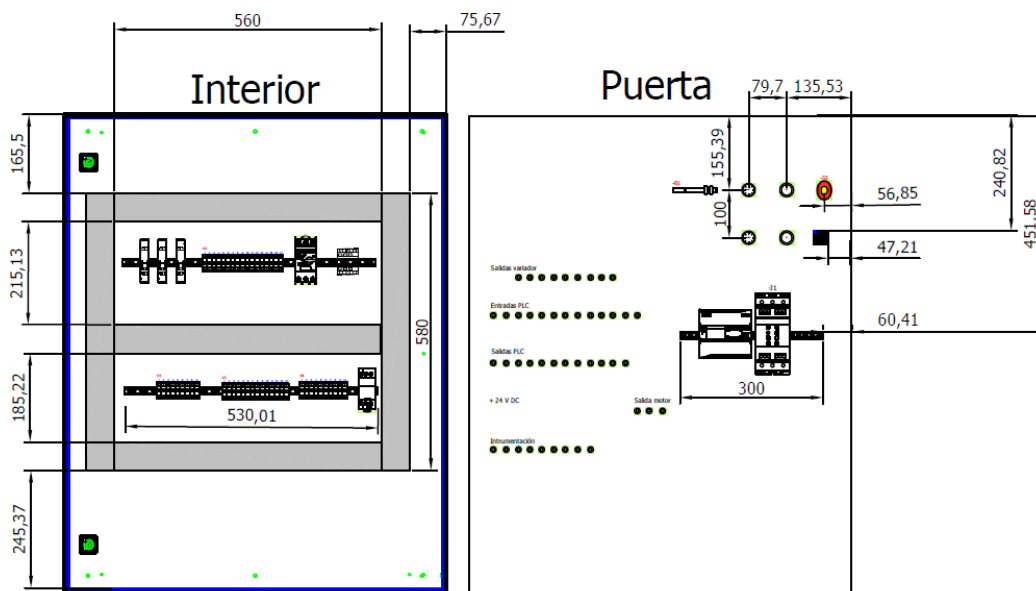
Fuente: Propia, anexo A.

### 3.3.2 Dibujo de armario y distribución de elementos

Una vez creado los respectivos esquemas eléctricos correspondientes al banco de prácticas el software ofrece la opción de la implantación de un armario en 2D a partir de las referencias de fabricante establecidas en el esquema eléctrico. En las librerías del software no se contaba con la simbología de los elementos utilizados en el diseño como variador, controlador de temperatura y relé de estado sólido; para lo cual se realizó la respectiva descarga desde la página oficial de cada fabricante.

En la figura 3-4 se observa la distribución física en mm de cada uno de los elementos con sus respectivas dimensiones tanto de la parte frontal como en el interior del tablero.

**Figura 3-4:** Distribución física de elementos.



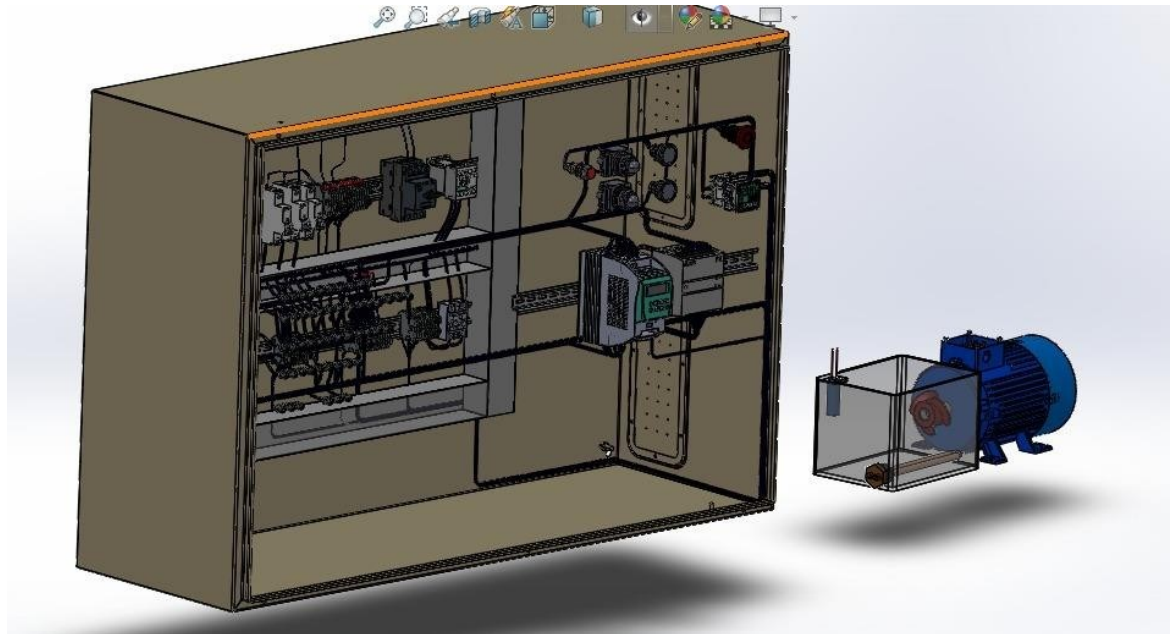
Fuente: Propia, anexo A.

### 3.3.3 Ensamble del banco 3D

Posterior a la creación del armario en 2D se debe realizar la asociación de los componentes en 3D de cada elemento utilizado en el diseño, en la página oficial de cada fabricante está disponible el archivo CAD de cada elemento, se realiza la correspondiente descarga y se lleva a cabo la asociación de cada pieza a la librería del fabricante.

La creación del banco en 3D se realiza desde SolidWorks donde previamente se carga cada pieza referente al diseño. El proceso de ensamble se lleva a cabo utilizando las herramientas de relación para la vinculación geométrica de cada componente en el tablero.

En la figura 3-5 se observa el resultado obtenido del ensamblaje de cada elemento y el sistema de carga diseñado para el motor eléctrico.

**Figura 3-5:** Vista 3D del banco de prácticas.

Fuente: Propia.

### 3.3.4 Listado de materiales arrojado por el software

Dentro de las herramientas del software se encuentra la generación de planos y listado de materiales (ver figura 3-6), donde se relacionan todos los elementos utilizados en el diseño mencionando fabricante, referencia, cantidad y descripción. Esta información esta suministrada en el anexo A donde también se encuentra las listas de cableado correspondientes, en la cual se observa el número del cable, sección del conductor y puntos de conexión en origen y destino.

**Figura 3-6:** Listado de materiales.

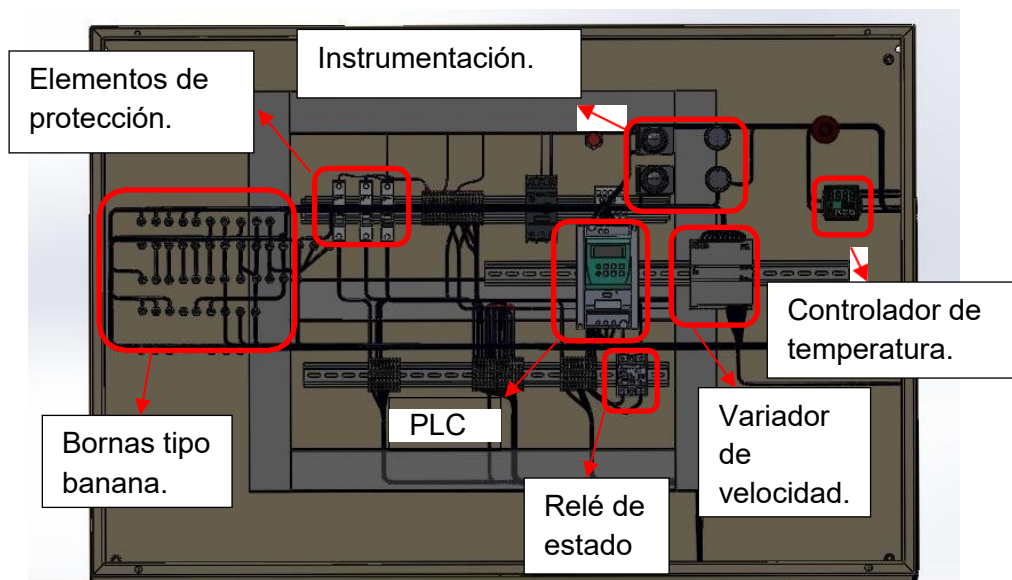
Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
94267	+L1	CANALETA P 80x60 LONG=2m CABLE VERTICAL	5	Schneider Electric
9001KP35G9	+H1	PILOTO COMPLETO CON LAMP 24V VERDE	1	Schneider Electric
9001KP35LR99	+H2	PILOTO COMPLETO LED 24V ROJO	1	Schneider Electric
NSYCR400W115V	-R1	Resist.c/ventil. 750W 115V Alum	1	Schneider Electric
XB2SF42	-S3	PULSADOR DE SETA NC ROJO	1	Schneider Electric
XB7FH03B1P	-S1	PULS.LUMI.PULS-PULS VERDE LED 24VDC 1 NA	1	Schneider Electric
XB7FH04B2P	-S2	PULS.LUMI.PULS-PULS ROJO LED 24VDC 1 NC	1	Schneider Electric

Fuente: Propia.

### 3.3.5 Resultados del diseño

- Los resultados obtenidos en el diseño eléctrico están incluidos en el anexo A, donde se encuentran los planos correspondientes a las conexiones eléctricas entre los dispositivos que componen el banco.
- El armario que contiene la instrumentación y los elementos de control es un cofre de lámina de acero calibre 20 con dimensiones de 1200 x 600 x 300 mm correspondientes al alto, ancho y profundo respectivamente. En la hoja 08 del anexo A se encuentra la distribución física de los elementos con sus respectivas cotas y dimensionamientos en mm.
- El resultado de la distribución y el diseño del armario se observa en la figura 3-7, donde se muestra una vista frontal de todos los elementos que componen el banco de prácticas.

**Figura 3-7:** Vista frontal banco de prácticas.



Fuente: Propia.



### 3.4 Diseño de sistema automático de calefacción de carga líquida variable

En el desarrollo de este numeral se muestra el diseño del sistema de calefacción para los fluidos de trabajo seleccionados, tales como: aceite lubricante de motor SAE 10W30, valvulina 85W140 GI-5 y aceite hidráulico ISO VG 46. Estos fluidos fueron seleccionados por sus características físicas, especialmente por su grado de viscosidad y su comportamiento ante cambios de temperatura como se muestra en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Viscosidad de fluidos.

Fluido	Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (cSt)
Aceite SAE 10W30	40	76
	100	11,5
Valvulina 85W140	40	345
	100	25
Aceite hidráulico ISO VG 46	40	47
	100	9

NOTA: (cSt) centistokes.

Fuentes: (TRACTION, 2019), (transmission, 2010), (lubricantes, 2016).

Los elementos seleccionados para la composición del sistema automático de calentamiento son los siguientes:

- Controlador de temperatura.
- Termopar o termocupla.
- Relé de estado sólido.
- Resistencia de ferróníquel tipo inmersión.
- Recipiente para fluido de trabajo.

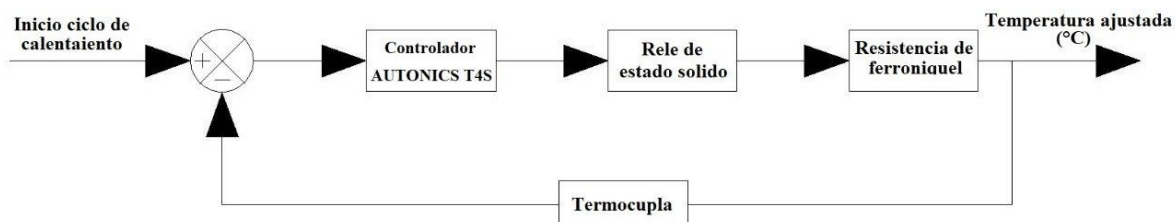
#### 3.4.1 Características del sistema de calentamiento

El objetivo diseñar un sistema automático de control de temperatura se lleva a cabo con el fin de obtener un sistema confiable y que garantice mantener la variable de temperatura dentro de un rango de operación previamente determinados. Para lo cual preliminarmente se realiza un análisis en el cual se identifica los componentes y materiales necesarios para el diseño del sistema, los cuales son seleccionados de acuerdo con sus características y valores nominales de operación.

El sistema de control de temperatura (ver figura 3-8) debe cumplir las siguientes características de operación:

- Mantener la temperatura del fluido en un valor determinado por el usuario dentro de un rango de temperatura ambiente a 100 °C.
- Monitorear e identificar variaciones de temperatura y realizar ajustes necesarios para la continuidad del proceso.
- Rápida respuesta ante cambios presentados en el sistema monitoreado, suspendiendo totalmente la alimentación eléctrica con su salida ON/OFF para que se produzca una refrigeración natural de la carga.
- Debe poseer un display de visualización en el cual se observe el valor de temperatura en tiempo real y permita identificar sus variaciones.
- Su interfaz de ajuste y parametrización debe ser amigable y fácil de utilizar por el usuario.

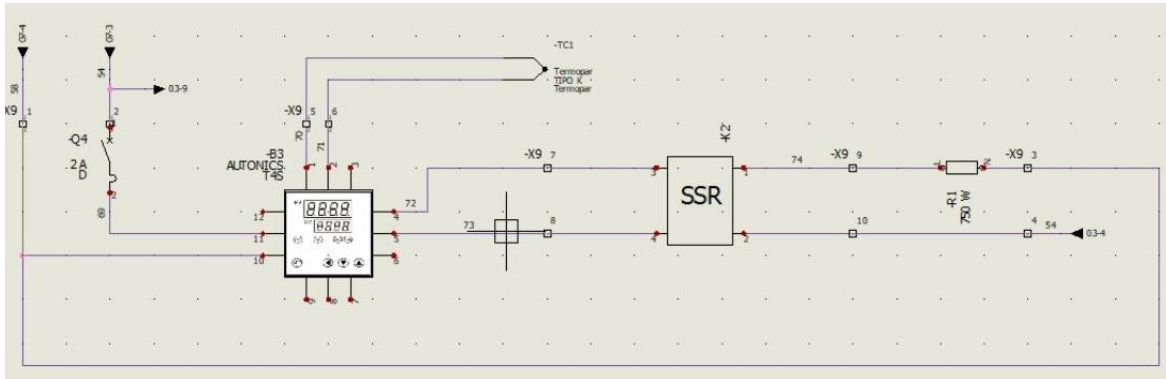
**Figura 3-8:** Diagrama de bloques control automático de temperatura.



Fuente: Propia

### 3.4.2 Diagrama de conexión

En la figura 3-9 tomada del anexo A se muestra el diagrama de conexión eléctrica de los dispositivos seleccionados anteriormente y los cuales componen el sistema de control automático de temperatura.

**Figura 3-9:** Diagrama de conexión eléctrica del sistema automático.

Fuente: Propia.

### 3.4.3 Resistencia de calefacción

De acuerdo con el análisis realizado preliminarmente se determinaron las siguientes características de operación del sistema y características del fluido de trabajo, la cuales debe cumplir el sistema de calefacción el cual está compuesto principalmente por una resistencia eléctrica alimentada a una tensión de 220 V ac.

- El fluido empleado para el sistema es un aceite (valvulina) de tipo mineral, con un calor específico aproximado de  $C_v = 1,88 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  a una temperatura ambiente de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Además, se estima una masa de fluido de 1 kg.
- La temperatura máxima a la cual se calienta el fluido para la aplicación determinada es de aproximadamente  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- El tiempo de calentamiento del fluido para que alcance la temperatura deseada es de 5 minutos.

Para el cálculo del valor de la potencia de la resistencia de calefacción se realiza un balance de energía en el sistema en el cual se igualan los valores de energía transferida por trabajo ingresada y el cambio interno de energía en el fluido. (Ver ecuación (3.1)).

Balance de energía en el sistema.

$$E_{in} = \Delta E$$

$$W_{in} \Delta t = m c_p (T_2 - T_1) \quad (3.1)$$

Reemplazando en (3.1)

$$E_{in} = \Delta E$$
$$W_n = \frac{m c_v (T_2 - T_1)}{\Delta t}$$
$$W_n = \frac{(1 \text{ kg})(1,88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}) (120 - 20)^\circ\text{C}}{300 \text{ s}}$$
$$W_n = 626 \text{ W}$$

Obteniendo el valor de potencia y teniendo en cuenta que el sistema va a operar en una red eléctrica de 220 V ac se calcula el valor de la resistencia aplicando la ley de watt para circuitos eléctricos (Ver ecuación (3.2))

Ley de watt.

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{3.2}$$

Reemplazando en (3.2)

$$R = \frac{(220 \text{ V})^2}{750 \text{ W}}$$
$$R = 64,53 \Omega$$

Se obtiene un valor de potencia de 626 W para la resistencia de calefacción, se aplica un factor de seguridad de 20% para compensar posibles pérdidas o variaciones en el sistema, obteniendo una resistencia de 64,53  $\Omega$  con potencia de 750 W.

Este valor de potencia obtenido para la resistencia está en función de las variables de la cantidad de masa del líquido y el tiempo deseado para el mismo llegue a una temperatura determinada, si estos dos valores cambian también varían las características eléctricas de la resistencia. Por tal motivo los cálculos anteriormente presentados se realizaron teniendo en cuenta un tiempo promedio y una cantidad de líquido de trabajo estándar para el proceso, por lo tanto, estos valores se adaptan adecuadamente a la aplicación.

### 3.4.4 Tipo de resistencia

En el mercado industrial existen diferentes tipos de resistencias eléctricas que varían de acuerdo con sus características de operación y uso o aplicación para la cual se emplee. Para el presente diseño el tipo de resistencia que más se adapta a la necesidad es la resistencia eléctrica de tipo sumergible o de inmersión (figura 3-10), ya que sus características constructivas le permiten trabajar dentro de un fluido sin presentar ningún tipo de alteración en su operación.

Su forma constructiva y material de fabricación le permite tener una mayor disipación de calor cuando se encuentra sumergida dentro del fluido en un área de operación determinada.

**Figura 3-10:** Resistencia de ferroníquel tipo inmersión.






Fuente: (Tope, 2014).

### 3.4.5 Dispositivo de control

Para el control de la resistencia de calefacción se ha seleccionado un controlador de temperatura tipo ON/OFF marca AUTONICS referencia T4S, sus características de medición, precisión, rangos de operación y su salida de relé en cual se maneja de forma binaria rigida por el set point programado se ajusta a las necesidades del sistema. Además, su costo es moderado y se encuentra dentro de lo presupuestado.

En la tabla 3-3 se hace una comparación de las características y propiedades de los controladores de temperatura más utilizados y frecuentes en el mercado:

**Tabla 3-3:** Comparativo de controladores de temperatura usados en la industria.

Controladores de temperatura					
Marca/Referencia	Salida SSR	Exactitud en la medición	Tipo de entrada	Display de visualización	Precio
Autonics T4S 	12V DC 20 mA	+/- 0,5 %	TRD, K, J, L, R, S, B, T.	Si 4 dígitos	\$270.000
Gefran 600 	24V DC 20 mA	+/- 0,2%	RTD, PTC, NTC, J, K, R, S, T, B, E.	Si 4 dígitos	\$1.200.000
REX C100 	12V DC 20 mA	+/- 0,5%	TRD, K, J, R, S, B.	Si 4 dígitos	\$150.000

Fuente: Propia

Como se observa existen controladores de temperatura con características superiores al seleccionado pero que serían subutilizados en la aplicación o el tipo de control de salida que manejan no es el que se requiere para esta aplicación y no se justifica una inversión elevada.

### 3.4.6 Relé de estado sólido

El dispositivo de control de temperatura seleccionado posee una salida para SSR a 24 V dc y 20 mA, por lo tanto, el relé de estado sólido debe ser compatible con estas características para la correcta operación del sistema. Además, se tienen en cuenta las características de operación de la resistencia, se calcula el valor del corriente utilizándola ley ohm como se muestra a continuación (Ver ecuación (3.3)).

Ley de Ohm

$$V = IR \quad (3.3)$$

Donde:

$V$  = Voltaje

$I$  = Corriente

$R$  = Resistencia

Despejando  $I$  de (3.3) y reemplazando

$$I = \frac{220 \text{ V}}{64,53 \Omega}$$

$$I = 3,40 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta estos parámetros de operación se selecciona el relé de estado sólido FOTEK SSR-25DA (ver figura 3-11) el cual tiene un rango de funcionamiento de 3,0 a 32 V dc en la entrada, mientras que en su salida tiene un voltaje de 90 a 480 V ac y una corriente nominal de 25 A. De acuerdo con esta información el relé seleccionado cumple con las condiciones nominales de operación del sistema.

**Figura 3-11:** Relé de estado sólido FOTEK.



Fuente: (JPM, 2020).

### 3.4.7 Sensor de temperatura

Existen diferentes tipos de instrumentos de medida que son compatibles con el dispositivo de control, entre ellos se encuentran las termocuplas y RTD. Para nuestra aplicación se ha seleccionado la termocupla tipo K (ver figura 3-12) que ofrece un rango de medición de -180 a 1372 °C. Este tipo de instrumento de medida posee ventajas respecto a la RTD en cuanto a costo, velocidad de medición y robustez. Analizando sus características de costo y desempeño sus propiedades se acoplan perfectamente a las necesidades del proyecto brindando confiabilidad y garantía en el proceso.

**Figura 3-12:** Termocupla o Termopar tipo K.



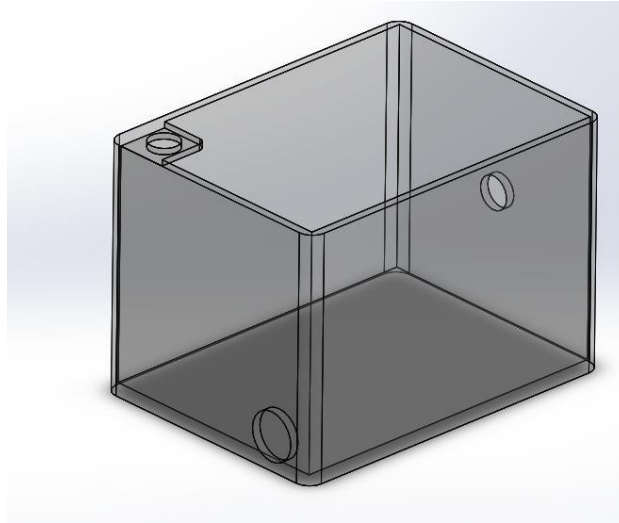
Fuente: (Instrumatic, 2020).

### 3.4.8 Recipiente para liquido de trabajo

Debido a que el fluido alcanza temperaturas de trabajo de 120 °C, se debe seleccionar un material cuyas características físicas se adapten a las necesidades del sistema de calentamiento, por tal motivo el recipiente está construido en lámina galvanizada calibre 20, ya que las propiedades térmicas del acero se adaptan a las temperaturas de trabajo del sistema. Como se observa en la figura las dimensiones del recipiente son 150 x 160 x 210 mm (Ancho, Alto, Profundidad) como se muestra en la figura 3-13, las perforaciones correspondientes a la resistencia y el eje del motor van ligadas a las respectivas dimensiones de los instrumentos que se adquieran.



**Figura 3-13:** Contenedor de carga variable líquida.

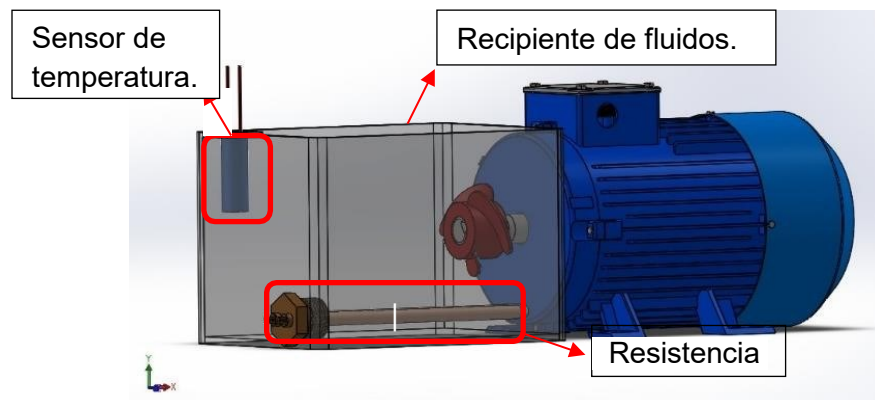


Fuente: Propia.

### 3.4.9 Resultado del sistema automático de calefacción

- En la hoja 03 del anexo A se encuentra el diagrama de conexiones entre los dispositivos de control, monitoreo y calefacción.
- Como se puede observar en la figura 3-14 los elementos de calefacción y medida se encuentran integrados en el recipiente, los cuales tienen contacto directo con el fluido de trabajo seleccionado; mientras el controlador de temperatura y el relé de estado sólido se encuentran en el armario eléctrico.

**Figura 3-14:** Grupo de calefacción y medida de temperatura.



Fuente: Propia.

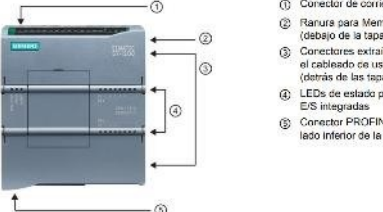
### 3.5 Selección de los instrumentos y equipos del banco de prácticas



Parte de la instrumentación y los equipos que componen el banco de prácticas existen en la facultad en los tableros inutilizados del laboratorio de automatización industrial, en los siguientes incisos se realiza una comparación de los elementos comercialmente más usados con respecto a los existentes.

#### 3.5.1 PLC Siemens S7 1200

El PLC Siemens tiene sobresalientes ventajas sobre los PLC en comparación ya que este maneja diversos protocolos de comunicación que ayudan en la práctica del estudiante, adicionalmente a esto la CPU 1214C cuenta con varias entradas y salidas digitales y dos salidas análogas con tipos de rangos de voltaje (0 a 10 V dc) y de corriente (4 a 20 mA). En la facultad FIBEM de la universidad existen seis (6) módulos que cuentan con PLC Siemens S7 1200 con una CPU 1214C. En la tabla 3-4 se realiza un comparativo de las CPU de los PLC de mayor renombre.

**Tabla 3-4:** Comparativo de las características de un PLC.

Marcas y características de un PLC			
Marca/Referencia	Número de Entradas y Salidas	Tipo de Comunicación	Precio
<p><b>PLC SIEMENS S7 1200</b></p> 	<p>CPU 1211C 6 entradas 4 salidas</p> <p>CPU 1212C 8 entradas 6 salidas</p> <p>CPU 1214C 14 entradas 10 salidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PROFINET</li> <li>• PROFIBUS</li> <li>• GPRS</li> <li>• RS458</li> <li>• RS232.</li> </ul>	<p>De \$650.000 a \$1.940.000 Según CPU</p>

Marcas y características de un PLC			
Marca/Referencia	Número de Entradas y Salidas	Tipo de Comunicación	Precio
<p><b>PLC XINJE XC SERIES</b></p> 	<p>XC3-14RT-E 8 entradas 6 salidas</p> <p>XC3-24RT-E 14 entradas 10 salidas</p> <p>XCC-32-T-E 18 entradas 14 salidas</p>	<p>MODBUS RS232 MODBUS RS485</p>	<p>De \$451.000 a \$ 1.750.000 Según CPU</p>
<p><b>PLC PANASONIC</b></p> 	<p>FP-X0 L14R 8 entradas 6 salidas (4 relé + 2 transistor NPN)</p> <p>FP-X0 L30R 16 entradas 14 salidas (10 relé + 4 transistor NPN)</p> <p>FP-X0 L40R 24 entradas 16 salidas (12 relé + 4 transistor NPN)</p>	<p>MODBUS RS232 MODBUS RS485 ETHERNET TCP/IP</p>	<p>De \$700.000 a \$3.100.000</p>

NOTA: Precio en COP (pesos colombianos).

Fuente: (JPM, 2020), (Siemens, SINAMIC STEP 7, 2013)

### 3.5.2 Variador de velocidad


El variador de velocidad Siemens SINAMICS G110 cuenta con una funcionalidad básica idónea para la mayor parte de aplicaciones industriales con accionamiento de velocidad



variable, dando al estudiante una experiencia de campo muy completa y semejante a las condiciones de trabajo que encontrara en los diferentes campos de acción de la carrera en su vida profesional.

En comparación con los otros tipos de convertidores de frecuencia (Ver tabla 3-5) podemos destacar varios beneficios que el SINAMICS G110 nos ofrece:

- Diseño con una máxima compatibilidad electromagnética
- Posibilidad de copiar rápidamente parámetros usando el panel de mando BOP (Basic Operator Panel).
- Rápida limitación de la corriente (FCL) para un funcionamiento si anomalías

**Tabla 3-5:** Comparativo de marcas de convertidores de frecuencia.

Convertidores de Frecuencia o Variadores de velocidad			
Marca/Referencia	Modos de Control	Par máximo	Precio
<p><b>SIEMENS SINAMICS G110</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control V/F Lineal</li> <li>• Control V/F Cuadrático (Parabólico)</li> <li>• Control V/F Multipunto</li> </ul>	<p>150% sobre la potencia nominal en un tiempo de 60 segundos</p>	<p>\$750.000</p>

Convertidores de Frecuencia o Variadores de velocidad			
Marca/Referencia	Modos de Control	Par máximo	Precio
<b>YASKAWA CA J1000</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control Lineal</li> <li>Control de Compensación de PAR</li> </ul>	<p>120% sobre la potencia nominal en un tiempo de 60 segundos en trabajos de régimen normal.</p> <p>150% sobre la potencia nominal en un tiempo de 60 segundos en trabajos de régimen en gran potencia.</p>	\$525.000
<b>OMRON Q2A-A2004-AAA</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de par lazo Abierto/Cerrado</li> </ul>	<p>110% sobre la potencia nominal en un tiempo de 60 segundos en trabajos de régimen normal.</p> <p>150% sobre la potencia nominal en un tiempo de 60 segundos en trabajos de régimen en gran potencia.</p>	\$1.450.000

NOTA: Precio en COP (pesos colombianos).

Fuente: (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

### 3.5.3 Motor trifásico

La correcta elección del motor trifásico a utilizar en el banco de prácticas del laboratorio se realizó un análisis de las diferentes variables y características de operación de los motores eléctricos como lo son parámetros eléctricos y mecánicos; además de los valores nominales de funcionamiento del variador de velocidad, el cual está diseñado para un motor de potencia nominal no mayor a 0,37 kW.

- **Velocidad**

La velocidad síncrona  $n_s$  del motor trifásico está dada en función de la frecuencia nominal del motor y el número de polos, como se observa en la ecuación (3.4). Para esta aplicación se tiene una frecuencia de red de 60 Hz y constructivamente en el mercado se tiene un número de polos de 2, 4 y 6 como se muestra en la tabla 3-6. Por lo tanto, tenemos las siguientes opciones:

Velocidad síncrona.

$$n_s = \frac{120 f}{2 p} \quad (3.4)$$

**Tabla 3-6:** Velocidades síncronas motor trifásico.

Número de polos	Velocidad síncrona
2	3600 rpm
4	1800 rpm
6	1200 rpm

Fuente: Propia.

- **Tensión de operación**

Para el control del motor se tiene un variador de velocidad Sinamics G 110, el cual según sus características constructivas y de operación posee una salida de tres hilos a 230 V ac. Esta tensión de salida indica el valor nominal de funcionamiento del motor a seleccionar.

- **Potencia nominal**

El variador de velocidad tiene un rango de operación de potencia de 0 a 0,37 kW, se selecciona una potencia nominal para el motor de 370 W o ½ HP. Se trabaja con esta potencia dado que es un valor comercial en el mercado, lo cual ofrece ventajas como reducción en el valor de adquisición, tiempo suministro por el proveedor y fácil adquisición de piezas y componentes.

- **Corriente Nominal**

Para el cálculo de la corriente nominal del motor se tienen en cuenta parámetros anteriormente definidos como lo son la tensión de alimentación y la potencia nominal, además de los valores de eficiencia y factor de potencia. Para el presente cálculo (Ver ecuación (3.5)) se determinó un valor de factor de potencia de 0,81 y una eficiencia de 0,9, los cuales son valores normalmente utilizados por los fabricantes.

Corriente sistema trifásico.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot F \cdot P \cdot \eta} \quad (3.5)$$

Reemplazando y aplicando en la ecuación (3.5) se obtiene un valor de corriente de 1,27 A.

- **Clase de aislamiento térmico**

La norma IEC 60034-1 para la construcción de máquinas rotativas, indica la clase térmica para motores eléctricos, estableciendo valores determinados de resistencia térmica con base al material utilizado en la fabricación. Las clases B y F tienen una temperatura máxima de 125 °C y 155 °C respectivamente, estos valores se ajustan a la presente aplicación teniendo en cuenta que el motor no va a estar sometido a grandes esfuerzos mecánicos que puedan generar grandes incrementos en su temperatura.

▪ **Factor de servicio**

La norma NEMA MG 1- 2009-12.51 clasifica como pequeños motores a los que tienen una potencia nominal por debajo de 1 HP, indicando un factor de servicio de 1,25 para velocidades de 1200, 1800 y 3600 rpm.

▪ **Grado de protección IP**

El ingreso de elementos extraños al interior del motor puede ocasionar daños graves en su funcionamiento o lesiones a personas, por tal motivo es importante realizar una adecuada selección del grado de protección IP con base a las condiciones de operación y el ambiente de trabajo del equipo. Dado que el motor va a ser utilizado en un ambiente de aprendizaje es primordial que ofrezca un grado de protección contra el ingreso de cualquier elemento sólido a la parte activa del motor, además debe brindar resistencia contra la filtración de elementos líquidos. Teniendo en cuenta lo anterior y según parámetros de clasificación de protección de la norma IEC 60529 el valor óptimo para esta aplicación es un grado de protección IP 55 o superior.

▪ **Características nominales del motor**

En la tabla 3-7 se observan los valores nominales de operación para el motor trifásico, cumpliendo con los parámetros y características requeridas para su aplicación.

**Tabla 3-7:** Valores nominales motor trifásico.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Velocidad nominal	1200 RPM 1800 RPM 3600 RPM
Tensión de operación	220 V ac
Corriente	1,27 A



<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia nominal	370 W (½ HP)
Clase de aislamiento térmico	B,F
Factor de servicio	1,25
Grado de protección IP	IP 55

Fuente: Propia.

### **3.5.4 Sensor inductivo**

El rango de detección de un sensor inductivo para materiales ferrosos es fundamental en su elección para una función específica, sin embargo, hay que tener en cuenta el área total de detección no solo su máximo longitudinal.

La salida de referencia del sensor cumple un papel importante en el cableado de los procesos para esto tenemos en cuenta las cualidades que ofrece Autonics con su sensor inductivo PR18-5AC 30 mm dando un área de detección mucho mayor que sus competidores comerciales (Ver tabla 3-8) y dando una posibilidad al usuario de escoger la tensión nominal de funcionamiento ofreciendo una conexión mucho más fácil siendo esta una conexión a 2 hilos.

**Tabla 3-8:** Comparativo sensores inductivos.

Sensor Inductivo			
Marca/Referencia	Características de censado	Voltaje de trabajo	Precio
<p><b>Sensor Inductivo Telemecanique XS618B1PAL2 8 mm</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia de detección nominal de 8 mm</li> <li>• Diámetro del cilindro de 18 mm</li> <li>• Conexión de cable a 2 hilos, salida PNP</li> </ul>	<p>12 a 48 V dc 200 mA soportable corriente de conmutación</p>	<p>\$ 153.200</p>
<p><b>Sensor Inductivo Autonics PR18-5AC 30 mm</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia de detección nominal de 5 mm</li> <li>• Diámetro del cilindro de 30 mm</li> <li>• Conexión de cable a 2 hilos</li> </ul>	<p>12 a 48 V dc / 90 a 240 V ac según solicitud de pedido 100 mA soportable de corriente de conmutación</p>	<p>\$ 44.500</p>
<p><b>Sensor Inductivo LJ12A3-4-Z/BY</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia de detección nominal de 4 mm</li> <li>• Diámetro del cilindro de 12 mm</li> <li>• Conexión de cable a 3 hilos, salida NPN</li> </ul>	<p>6 a 36 V dc 300 mA soportable de corriente de conmutación</p>	<p>\$ 18.000</p>

NOTA: Precio en COP (pesos colombianos).

Fuente: (JPM, 2020).

### 3.5.5 Elementos de protección termo magnética

- **Breaker de alimentación PLC**

El PLC marca Siemens referencia S7 1200 tiene una alimentación de 120 V ac para lo cual el instrumento tiene un consumo de corriente de 300 mA. El variador de velocidad Siemens G110 tiene una alimentación a 120 V ac con una corriente de 2 A. Mientras que el controlador de temperatura tiene un consumo de 150 mA alimentado a una tensión de 120 V ac.

Se utiliza un breaker termo magnético, el cual brinda protección ante fallas de corto circuito y sobrecalentamiento en las terminales del interruptor producido por sobrecargas en el circuito. Teniendo en cuenta la corriente nominal del PLC, variador de velocidad y controlador de temperatura se aplica un factor de seguridad del 125 % para evitar operaciones indeseadas de la protección. Realizando el respectivo cálculo se obtiene los valores correspondientes para cada equipo. Los valores de corriente calculados esta fuera de los valores estandarizados, por lo tanto, se utiliza el valor más próximo, mientras que el tipo de curva utilizado para en breaker de protección es una curva tipo B el cual brinda una protección entre 3 a 5 veces la corriente nominal.

El breaker termo magnético para la protección del PLC posee las características descritas en la tabla 3-9:

**Tabla 3-9:** Características de las protecciones termo magnéticas.

	PLC	Variador	Controlador de temperatura.
<b>Corriente nominal</b>	1A	2A	300 mA
<b>Curva de protección</b>	B	B	B
<b>Numero de polos</b>	1	1	1
<b>Tipo de corriente</b>	AC	AC	AC

Fuente: Propia.

- **Guardamotor**

Para la selección del motor se utilizó la corriente nominal del motor la cual es 1,27 A y teniendo en cuenta el factor de servicio elegido de 1,25 se obtiene el valor de corriente necesario para el instrumento de protección. Se selecciona un guardamotor trifásico a 220 V y con una corriente de operación de 1,54 A, en el mercado existen guardamotors ajustables con rasgos de operación de 1,2 A hasta 2 A.

### 3.6 Software para PLC y variador de velocidad

Apoyándose con los manuales del fabricante se realiza la programación de los equipos de automatización como son los variadores y los PLC. Para algunas series de variadores de velocidad dicha programación se puede realizar de dos formas, como son la programación por el panel básico de operación (Figura 3-15) y la parametrización por el software de fabricante. Para esta última se requiere de un cable de comunicación que varía para cada fabricante y para cada línea de producción, como también los protocolos de comunicación entre el variador y el computador (PC).

**Figura 3-15:** Panel frontal y cable de comunicación con PC del Simanics G110.



Fuente: (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

#### 3.6.1 Programación por BOP de variador Sinamics

Para la serie de SINAMICS G110 el acceder al menú de programación tiene como único paso el pulsar la tecla "P" del teclado del equipo, sin embargo, la navegación dentro del menú de parámetros es necesario seguir los pasos de la figura 3-16.

**Figura 3-16:** Pasos para acceder al menú del convertidor Sinamics.

- 1 Pulsar **P** para acceder a parámetros.

---

- 2 Pulsar **▲** hasta que se visualice P0003

---

- 3 Pulsar **P** hasta acceder al valor de parámetro.

---

- 4 Pulsar **▲** o **▼** hasta obtener el valor requerido.  
(Poner el valor 3)

---

- 5 Pulsar **P** para confirmar y almacenar el valor.

Fuente: (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

En la tabla 3-10 se pueden observar los parámetros de ajuste mínimos que se deben realizar al variador de frecuencia antes de iniciar su puesta en marcha.

**Tabla 3-10:** Parámetros fundamentales Sinamics G110.

Listado de parámetros de variador Sinamics G110		
Parámetro	Función del Parámetro	Valor definido para la Guía
P0003	Definir el nivel de acceso al menú de parámetros	2 – Extendido
P0100	Definir las unidades para expresar la potencia del motor kW/HP	2 - HP
P0304	Tensión nominal del motor	220 – 220 V ac
P0305	Corriente nominal del motor	2,2 – 2,2 Amperios
P0307	Potencia nominal del motor	0,5 – 1/2HP
P0308	CosPhi del motor	Valor definido en la placa del motor. Variable por cada fabricante.
P0309	Rendimiento del motor	Valor definido en la placa del motor. Variable por cada fabricante.
P0310	Frecuencia nominal del motor	60 – 60Hz

P0311	Velocidad del motor	Valor definido en la placa del motor. Variable por cada fabricante.
P0701	Función entrada digital 0	1 – ON
P0702	Función entrada digital 1	2 – OFF parada natural
P0703	Función entrada digital 2	12 – Inversión de giro
P0704	Función entrada digital 3	0 - Deshabilitada
P0727	Método de control	3 – Control a 3 hilos
P1000	Consigna de frecuencia	0 – Sin consigna
P1001	Frecuencia Fija 1	Valor definido por la “Tabla 1” de la guía de trabajo, se debe modificar con cada cambio de frecuencia.
P1002	Frecuencia Fija 2	00 – 0HZ “Ver Nota”
P1003	Frecuencia Fija 3	00 – 0HZ “Ver Nota”

NOTA: La consigna de frecuencias para los parámetros del P1001 al P1003, son consignas que toman una selección de frecuencia en sumatoria según lo seleccionado en el parámetro P0727.

Fuente: (Siemens, SINAMICS G110, 2004).

Así mismo la programación de los PLC cuentan con protocolos de comunicación entre sí y para sus fuentes de programación, para estos equipos existen gran variedad de protocolos de comunicación y cables de conexión como se muestra en la figura 3-17.

**Figura 3-17:** Cable de comunicación PLC Siemens a PC.



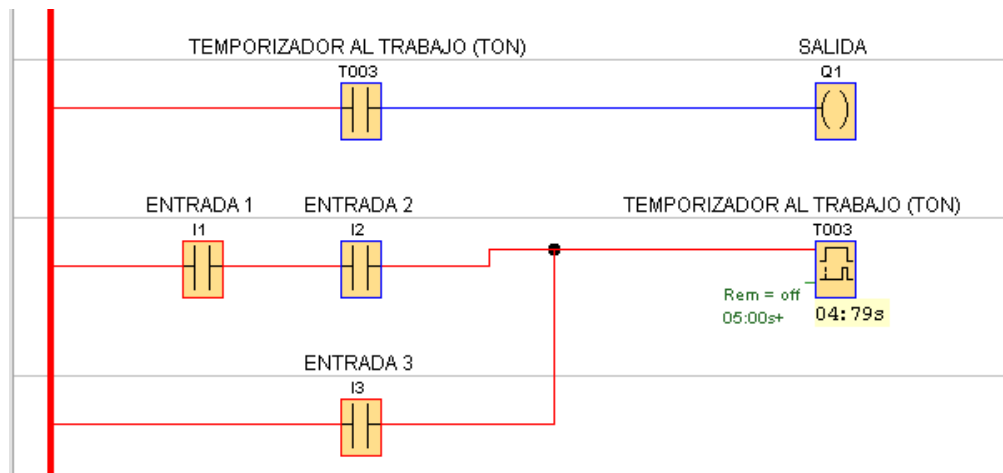
Fuente: (Siemens, SINAMIC STEP 7, 2013).

### 3.6.2 Simulación de PLC Ladder en Logo!Soft

La familia de PLC Step de Siemens es programada por el software STEP 7 y TIA PORTAL que requieren tener una licencia activa y verificada por el fabricante la cual es pagada, dichos programas en el momento de su activación vinculan las CPU del catálogo del fabricante en su totalidad. Por fines económicos y prácticos para este proyecto la simulación de los programas del PLC Siemens S7 1200 se da en un software de la casa fabricante para microPLC llamado Logo!Soft el cual cuenta con una activación gratuita y con todas las propiedades de programación que brinda Siemens incluyendo la simulación de CPU para programación en lenguaje Ladder.

La guía número uno (anexo B) “Introducción Banco PLC” anexo a este documento se solicita realizar programas básicos en lenguaje Ladder los cuales fueron simulados y captados en la figura 3-18.

**Figura 3-18:** Simulación PLC en Logo!Soft.



Fuente: Propia.

En el desarrollo de la guía uno como primer objetivo practico es necesario efectuar un programa con tres entradas y una salida controlada por un temporizador con retardo a la conexión. En la figura 3-16 se muestra la simulación en software Logo!Soft de Siemens.

Los temporizadores, contadores y demás herramientas usadas en los softwares de Siemens cuentan con el suministro de información del bloque a utilizar, en este caso un temporizador con retardo a la conexión (ver figura 3-16 y anexo B), junto al bloque que representa el temporizador (TON) se ubica con letras verdes el tiempo set point

programado en el temporizador que puede variar desde 1ms hasta 99 horas y en este caso representa 5 s. El tiempo online se ubica en la parte inferior del bloque con letras negras.



## 4. Análisis de resultados

El sistema de calentamiento está compuesto por un controlador de temperatura Autonics T4S con una salida de tipo ON/OFF, la cual está asociada a un relé de estado sólido con capacidad máxima de corriente de 25 A en la salida de potencia, mientras que la medición de temperatura esta monitoreada por una termocupla tipo K. Es fundamental conocer las propiedades físicas de los fluidos de trabajo, ya que un incremento excesivo en su temperatura puede generar alteraciones en las características de operación del banco de prácticas.

Las variables eléctricas asociadas al motor son monitoreadas y controladas por el variador de velocidad Siemens G110, en este puede ser modificada su frecuencia de operación y por lo tanto su velocidad de giro. El variador de velocidad puede ser ajustado en un amplio margen de operación, por lo tanto, es importante no exceder los valores nominales descritos en la placa del motor, debido a que la operación fuera de estos rangos puede reducir su vida útil a largo plazo.

El PLC Siemens S7 1200 fue programado en función de trabajo conjunto con el variador de velocidad Siemens G110 para dar solución a los problemas planteados en las guías de aprendizaje. En la parte de programación del PLC se generaron una serie de obstáculos debido a que no se posee la licencia actualizada del software de parametrización por parte de la universidad y el cual se encuentra en proceso de adquisición, por tal motivo se utilizó otro software libre de programación del mismo fabricante, cuya interfaz posee características y lenguajes de parametrización similares al software del PLC; además de ofrecer la posibilidad de simular los programas creados realizando cambios en los estados de las entradas digitales utilizadas y verificando la operatividad de las salidas.

Para el diseño del banco de prácticas se utilizaron principalmente herramientas de software CAD las cuales permiten crear, analizar y modelar piezas o componentes de sistemas electromecánicos, acercando el diseño a su construcción real. Antes de realizar el diseño en un software se realizó un análisis detallado de cada uno de los elementos necesarios para la construcción del banco, partiendo de los disponibles actualmente en el laboratorio y de los cuales se realizó un levantamiento previo de información. Los criterios aplicados para la selección de instrumentación fueron los siguientes:

- Compatibilidad con elementos de control existentes principalmente PLC y variador de velocidad.
- Características físicas y de operación.
- Elementos de uso cotidiano en la industria cuyas características de operación contribuyen al aprendizaje y razonamientos de los estudiantes.
- Componentes de fácil adquisición en el mercado y cuyo valor no genere costos elevados para la instalación y puesta en servicio del proyecto.

El software SolidWorks utilizado permitió realizar un diseño tridimensional utilizando componentes con características reales obtenidos desde las páginas oficiales de cada fabricante, lo cual ofrece una simulación física y permite realizar la comprobación del diseño realizado.

Inicialmente se generó un diseño eléctrico el cual involucraba cada uno de los componentes del sistema, se generaron tablas de cableado y un esquema de distribución física. Posteriormente se realizó una simulación en el software SolidWorks Electrical, en el cual se detectaron algunos errores cometidos en diseño como: múltiples cables en un punto de conexión, ausencia de alimentación para algunos elementos, circuitos abiertos o cableado mal direccionado, entre otros; cada una de estas fallencias fue corregida de inmediato y validadas nuevamente con la opción de simulación.

En las guías de aprendizaje creadas se utilizó una estructura que involucra una parte teórica, otra de investigación realizada por el estudiante, una parte procedimental y el respectivo análisis de los resultados obtenidos en la práctica. Mientras que las temáticas utilizadas abarcan desde el reconocimiento de la instrumentación disponible hasta la correcta operación e interacción con cada uno de estos elementos.

El manual de instalación y puesta en servicio del banco de prácticas describe de forma detallada cada uno de los pasos a seguir para una correcta instalación en sitio, se utiliza un lenguaje claro que permite al lector comprender con claridad la instrucción que allí se describe. También se incluyen advertencias de seguridad con el fin de salvaguardar la integridad del personal involucrado en el proceso de instalación y puesta en servicio.

## 5. Conclusiones

- En este trabajo se diseñó un sistema automático para el calentamiento de un fluido por medio de una resistencia de ferróníquel y selección de relé de estado sólido con controlador de temperatura. Lo más importante de este diseño fue la implementación del controlador de temperatura ON/OFF puesto que es el único tipo de control automático con el cual cumple el enfriamiento natural de la resistencia.
- Los elementos de medida permitieron identificar anomalías existentes en el cableado eléctrico proporcionando información para realizar las correspondientes correcciones en el diseño. Siendo muy significativo la compatibilidad de cada uno de los instrumentos de medida con las variables físicas de la carga y las condiciones eléctricas del PLC.
- Dentro del desarrollo de este proyecto se realizaron los programas para el PLC Siemens S7 1200 y la ejecución de las guías de trabajo donde fue de necesario el software libre logo!soft de simulación cuyo fabricante es Siemens y fue tomando en cuenta por su semejanza con el STEP 7 que solo es accesible en software original y licenciado.
- Se diseñó el montaje del proyecto en Solidwords Electrical donde la falta de librerías de los fabricantes prolongó el dibujo en el software CAD; debido a que cada fabricante reserva bajo páginas de pago por ver sus equipos dejando el software CAD con muy pocas librerías para diseñar.
- Para este proyecto, se redactaron guías de trabajo en el laboratorio para los usuarios del banco de pruebas los cuales deben tener los conceptos básicos muy claros debido a esto, se dificultó la redacción de las actividades previas y el desarrollo de las guías de trabajo ya que se redactaron de forma clara y muy técnica para que los usuarios se desenvuelvan con claridad.

- Para proyectar el banco de trabajo según el diseño, se redactó un manual de ensamble con las características técnicas y la distribución de los elementos, para dejar un equipo de fácil mantenimiento y rápido montaje, logrando que se prolonguen la vida útil de cada elemento.
- El no contar con el software licenciado para la parametrización del PLC dilato el proceso de creación y simulación de los programas para las guías de aprendizaje, a pesar de esto se contó con otro programa de licencia libre del mismo fabricante con características similares el cual permitió generar los documentos respectivos y validar su correcto funcionamiento.
- Las guías de aprendizaje permiten a los estudiantes adaptarse al uso de tecnologías altamente utilizadas en los procesos de automatización, desarrollando diferentes tipos de habilidades y generando un razonamiento cualitativo o cuantitativo de las variables involucradas en las prácticas.
- En el diseño del sistema de carga variable se tuvieron en cuenta las diferentes propiedades y características de operación en los fluidos, además se incluyó la instrumentación adecuada para la constante supervisión y control de sus propiedades.
- Las guías de aprendizaje permiten a los estudiantes adaptarse al uso de tecnologías altamente utilizadas en los procesos de automatización, desarrollando diferentes tipos de habilidades y generando un razonamiento cualitativo o cuantitativo de las variables involucradas en las prácticas.

## **A. Planos eléctricos y estructurales**

En el anexo A se encuentran los planos de las conexiones eléctricas correspondientes al variador de velocidad y el PLC, además del diagrama de conexión del sistema de calentamiento diseñado. Dentro de este anexo también se pueden encontrar las listas de materiales utilizados y las listas de cableado de todos los elementos que componen el banco de prácticas.

## **B. Guía 1: Introducción al banco de PLC**

El objetivo principal de la guía número 1 (anexo B) es presentar y relacionar al estudiante con el banco de prácticas y los elementos que lo componen, además de familiarizarse con los diferentes lenguajes de programación existentes para la parametrización de PLCs.

Inicialmente el estudiante debe realizar una identificación de la instrumentación disponible, reconocer sus características de operación y seleccionar los elementos necesarios para el desarrollo de la práctica. Del mismo modo deberá relacionarse con el software de programación, conocer su entorno de trabajo e identificar las herramientas disponibles para la parametrización.

## **C. Guía 2: Programación de ajustes en el variador de velocidad**

El variador de velocidad para motores eléctricos es altamente usado en la industria, por tal motivo es fundamental conocer su principio de operación e identificar el comportamiento de las variables eléctricas involucradas en el proceso.

Realizando una serie de ajustes en el variador de velocidad y monitoreando los parámetros de salida en el motor eléctrico, la guía número 2 (anexo C) busca que el estudiante analice de forma detallada la información adquirida y determina las ventajas que representa el uso de este tipo equipos.

## **D. Guía 3: Control automático y carga variable**

El anexo D presenta la guía práctica número 3 donde se involucra el sistema de carga variable diseñado para el motor eléctrico, el funcionamiento del sistema está basado en el cambio de las propiedades físicas del fluido de trabajo generado a través del cambio de

temperatura. El estudiante deberá analizar el comportamiento del fluido de trabajo al someterse a un incremento de temperatura, identificar las características físicas involucradas en el proceso y determinar la relación existente con la variación de temperatura.

El incremento de carga acoplada al motor genera cambios en las variables eléctricas de operación, conocer e identificar su comportamiento es de gran importancia para conservar la vida útil y aprovechar al máximo las características mecánicas que ofrece el motor.

## **E. Manual de instalación del banco de prácticas**

En el manual de instalación del banco de prácticas (anexo E) se describe de forma ordenada y detallada los pasos a seguir para realizar la correcta instalación y puesta en servicio del banco de prácticas anteriormente diseñado. También se presenta de forma clara cada uno de los elementos que componen el banco y el sistema de carga variable, haciendo énfasis en las medidas de seguridad que se deben tener presentes en el momento de la instalación.

## **F. Programas PLC**

Los programas desarrollados en el anexo F fueron realizados en el software de programación correspondiente para el PLC Siemens S7 1200, estos programas contienen el desarrollo a los problemas planteados en las guías de prácticas propuestas (anexos B,

C y D) y tienen como propósito orientar al docente para la ejecución correcta de las practicas con el fin de cumplir el objetivo general de las guías.



## 6. Bibliografía

- AG, S. (2019). *Discover LOGO! 8*. Obtenido de <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:12f4ce33-bf6c-4747-8749-c41f4c55107a/dffa-b10079-02-br-logo-210x280-144.pdf>
- Agudelo, C. D. (2004). *Introducción a la mecánica de fluidos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Buffa, J. D. (2003). *Física*. Pearson Education.
- Cromer, A. H. (2006). *Física en la ciencia y en la industria*. Editorial Everté.
- Granada, U. d. (2018). *Definición y uso de funciones*. Obtenido de <http://decsai.ugr.es/~jfv/ed1/c/cdrom/cap6/cap62.htm>
- Harper, G. E. (2005). *Motores de inducción*. Limusa.
- Instrumatic. (2020). *Termopar tipo K*. Obtenido de <https://instrumatic.com.co/producto/termopar-tipo-k-para-altas-temperaturas/>
- JPM, M. (2020). *Componentes electronicos*. Obtenido de <https://www.microjpm.com/products/fotek-ssr-25-da-relay-estado-solido-25a-380v/>
- lubricantes, D. (2016). *Aceite lubricante ISO 46*. Obtenido de <https://lubricantesdana.com/productos/lubricantes-automotrices-grasa-uae/aceite-hidraulico-engranajes/aceite-hidraulico-iso-46/>
- Monzó, R. S. (2013). *Automatismos industriales. Conceptos y procedimientos*. Nau Libres.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos*. Pearson Education. .
- SE, F. D. (2017). *Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*. Obtenido de [https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56827\\_2017\\_09\\_es\\_pg\\_fa\\_small.pdf](https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56827_2017_09_es_pg_fa_small.pdf)
- Siemens. (2004). *SINAMICS G110*. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/803/20976803/att\\_31728/v1/G110\\_OPI\\_1104\\_20976803\\_SP.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/803/20976803/att_31728/v1/G110_OPI_1104_20976803_SP.pdf)
- Siemens. (2013). *SINAMIC STEP 7*. Obtenido de [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_simatic-step7\\_tia-portal\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-step7_tia-portal_es.pdf)

- Siemens. (2014). *SINAMIC S7 Controlador programable S7 1200*. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att\\_42774/v1/s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)
- SOLIDWORKS. (2016). *Fundamentals of SOLIDWORKS Electrical*. Obtenido de <https://www.solidworks.com/sites/default/files/2017-12/SWEDU-FundamentalsSWE.pdf>
- SOLIDWORKS. (2018). *My SolidWorks*. Obtenido de <https://my.solidworks.com>
- SOLIDWORKS. (2018). *SOLIDWORKS Electrical Schematics*. Obtenido de <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-electrical-schematic>
- SOLIDWORKS. (2020). *SOLIDWORKS. Qué es y para que sirve*. Obtenido de <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Tope, R. (2014). *Resistencias de inmersión*. Obtenido de <https://www.resistenciastope.com/es/10-resistencias-de-inmersion/7-resistencias-de-inmersion-sobre-racor/>
- TRACTION, C. (2019). *Lubricantes para automoción diésel pesado*. Obtenido de <https://www.cepsa.es/stfls/comercial/PRODUCTOS/Lubricantes/gamaTraction/TRACTION-10W30-es.pdf>
- transmission, T. (2010). *Lubricantes de presión extrema para cajas manuales y diferenciales*. Obtenido de <http://www4.total.fr/AME/Venezuela/fichastecnicas/TRANSMISSIONVB85W140.pdf>
- Vasco, U. d. (2016). *Termodinámica Física Estadística*. Obtenido de [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/vapor/vapor\\_1.html](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/vapor/vapor_1.html)
- Vázquez, S. G. (2013). *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*. Ediciones parafino, SA.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Education.

# Banco de prácticas con PLC

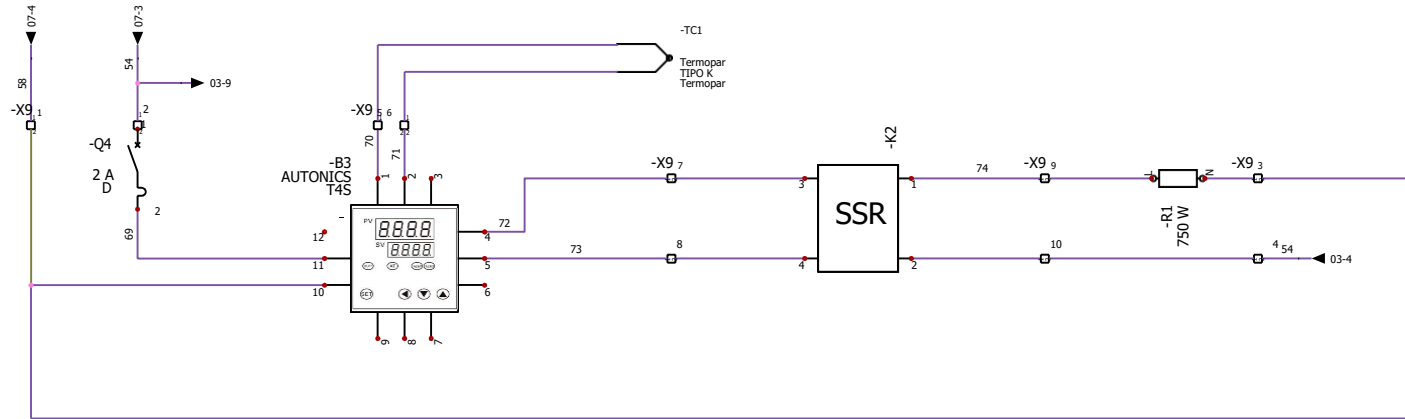
Universidad Antonio Nariño	Portada					Índice
		1	6/10/2020	Lenovo		1
		0	15/09/2020	Lenovo		
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal		Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	01

1-

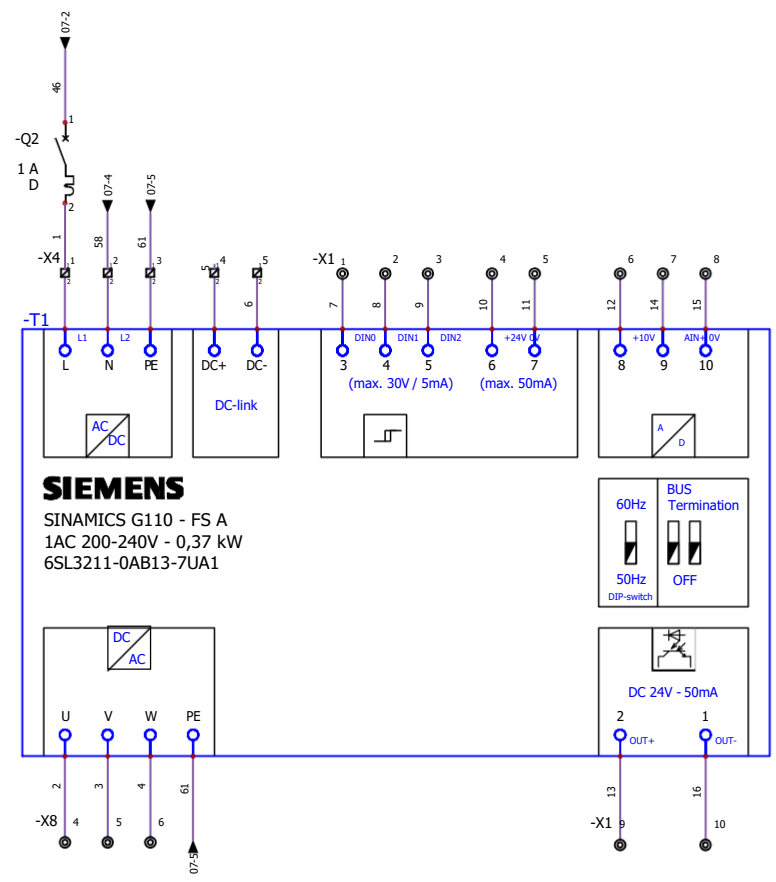
Hoja	Función	Situación	Revisión	Fecha	Creado por	Descripción	Descripción de la carpeta
01	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Portada	
02	=F1	+L1	0	17/11/2020	Lenovo	Listado de planos	
03	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Sistema de calentamiento	
04	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Variador de velocidad	
05	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Entradas Digitales PLC	
06	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Salidas Digitales PLC	
07	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Instrumentación	
08	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Armario principal	
09	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de materiales agrupados por fabricante y por colección	
10	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de materiales agrupados por fabricante y por colección	
11	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
12	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
13	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
14	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
15	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
16	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Listado de cables por estilo de línea	
17	=F1	+L1	1	6/10/2020	Lenovo	Armario principal	

SOLIDWORKS Electrical

Universidad Antonio Nariño	Listado de planos				Índice
		0	17/11/2020	Lenovo	0
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal		Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández



Universidad Antonio Nariño	Sistema de calentamiento				Índice	
					1	
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal	1	6/10/2020	Lenovo	Comentarios
			0	28/09/2020	Lenovo	
			IND	Fecha	Nombre	Datos de usuario 1
						Datos de usuario 2
						Nicolás Hernández
						Hoja
						03



Universidad Antonio Nariño

Variador de frecuencia

Índice

1

Hoja

04

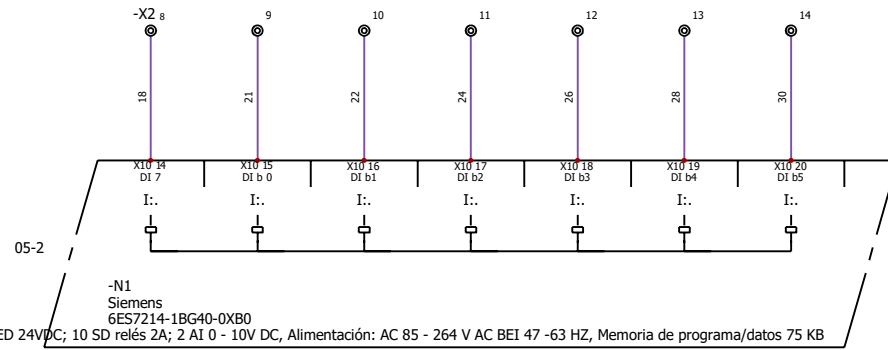
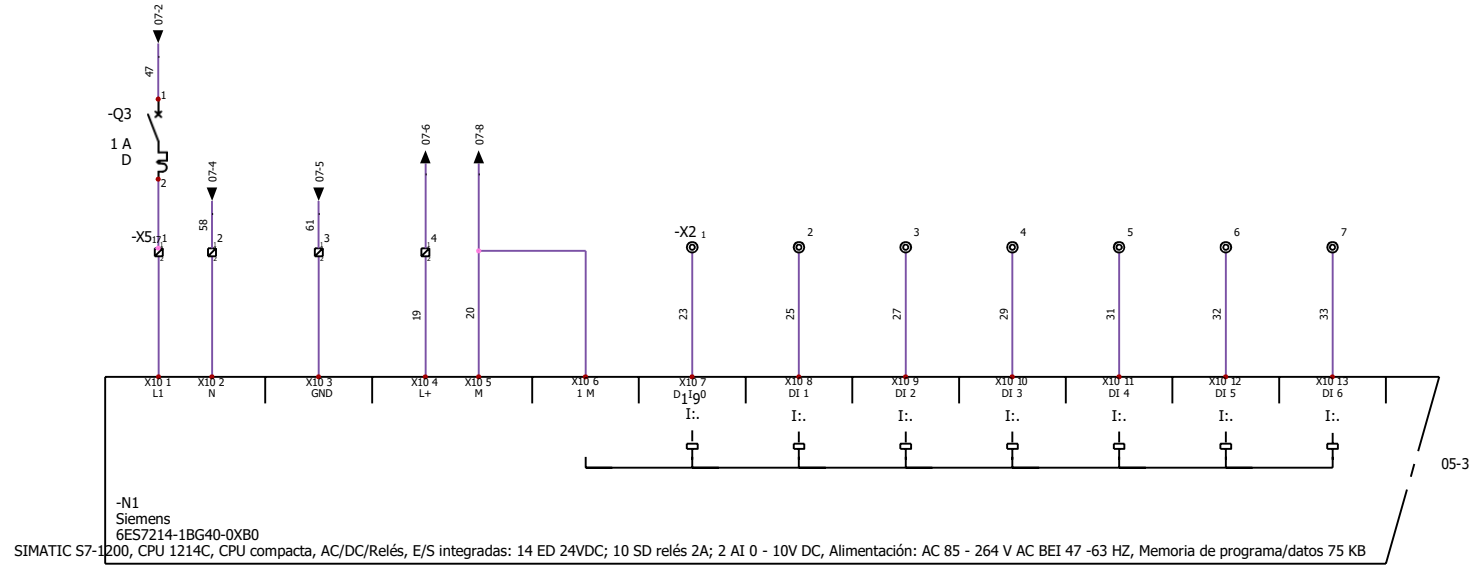
Contrato n° :

Situación:

+L1

Armario principal

1	6/10/2020	Lenovo	
0	15/09/2020	Lenovo	
IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Datos de usuario 1		Datos de usuario 2	
Sergio Novoa		Nicolás Hernández	



Universidad Antonio Nariño

Entradas digitales PLC

Índice  
1

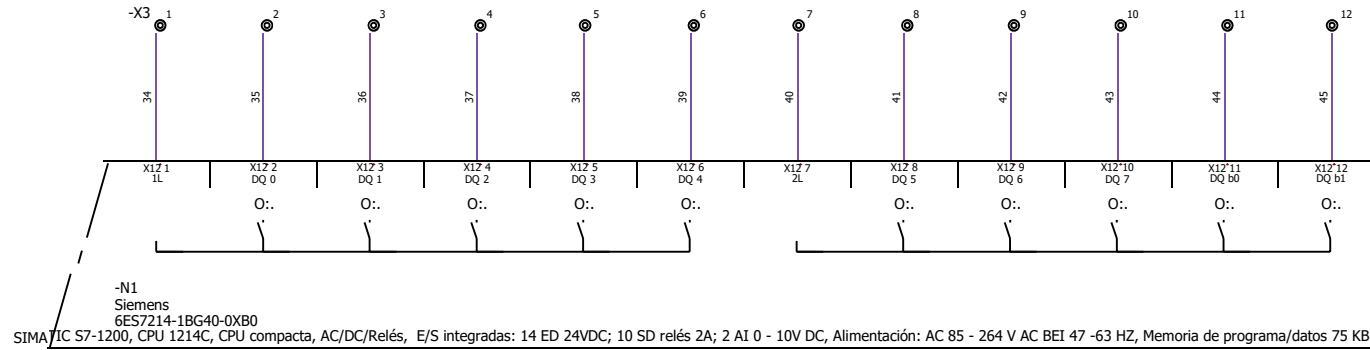
Contrato n° :

Situación:

+L1

Armario principal

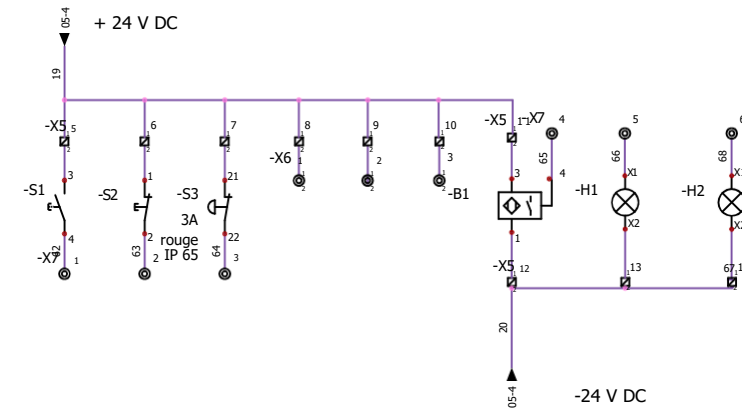
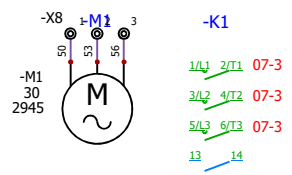
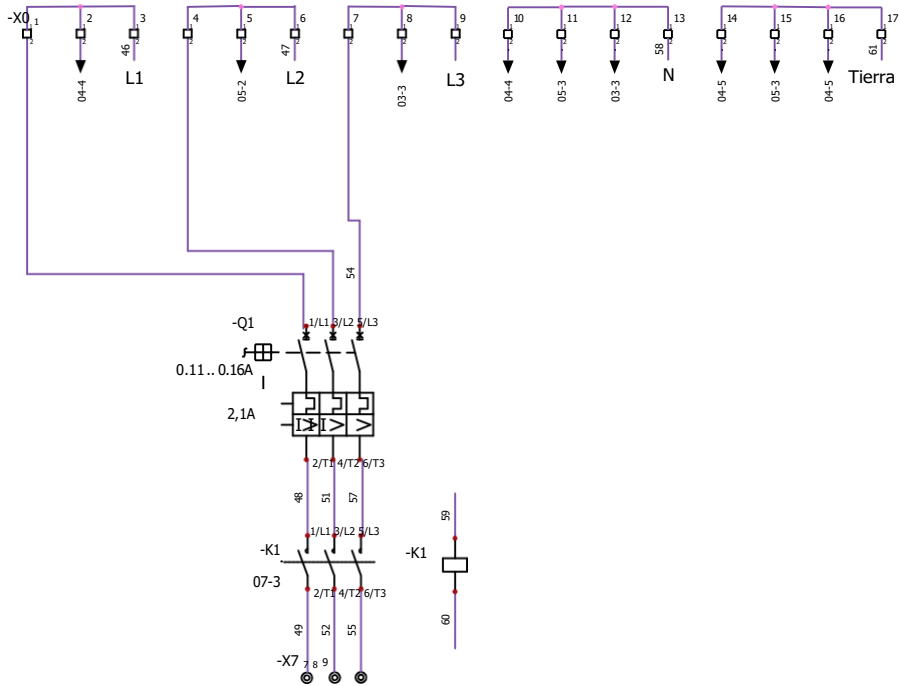
1	6/10/2020	Lenovo		Comentarios
0	16/09/2020	Lenovo		
IND	Fecha	Nombre	Comentarios	
Datos de usuario 1 Sergio Novoa			Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	
				Hoja 05



SOLIDWORKS Electrical

Universidad Antonio Nariño	Salidas digitales PLC				Índice
		1	6/10/2020	Lenovo	1
		0	16/09/2020	Lenovo	
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal	Datos de usuario 1 Sergio Novoa		Datos de usuario 2 Nicolás Hernández
					Hoja
					06





Universidad Antonio Nariño

Instrumentación

Contrato n° :

Situación:

+L1

Armario principal

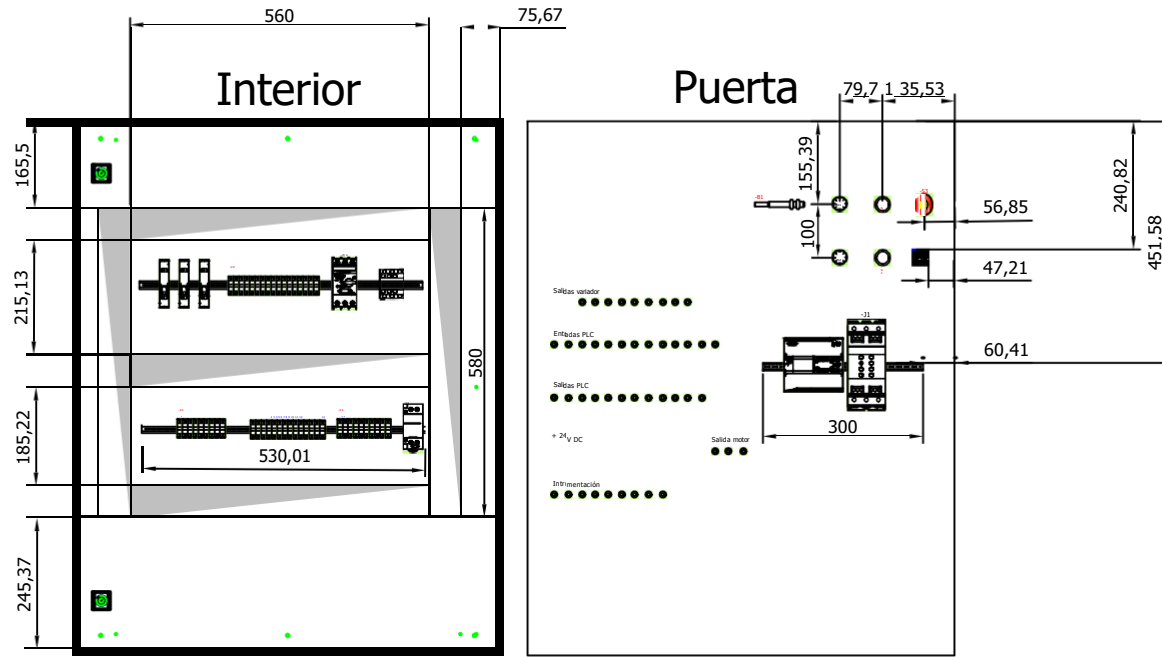
IND	Fecha	Nombre	Comentarios
1	6/10/2020	Lenovo	
0	16/09/2020	Lenovo	
Datos de usuario 1			Datos de usuario 2
Sergio Novoa			Nicolás Hernández

Índice

1

Hoja

07



SOLIDWORKS Electrical

Universidad Antonio Nariño	Distribución mecánica				Índice
		1	6/10/2020	Lenovo	1
		0	17/09/2020	Lenovo	Medidas en mm
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato nº :	Situación: +L1	Armario principal	Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	Hoja 08

ABB

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
3GAA 181 102-BBC	-M1	Motor trifasico 1/2 HP	1	ABB

Autonics

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
PR18-5AC	-B1	Sensor Inductivo 30 mm	1	Autonics

AUTONICS

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
T4S	-B2, -B3	Controlador de temperatura	2	AUTONICS

Burklin

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
09 H 220	-X8-1, -X6-1, -X7-1, -X1-1, -X2-1, -X3-1, -X3-2, -X2-2, -X1-2, -X7-2, -X6-2, -X8-2, -X8-3, -X7-3, -X6-3, -X1-3, -X2-3, -X3-3, -X3-4, -X2-4, -X1-4, -X7-4, -X7-5, -X1-5, -X2-5, -X3-5, -X3-6, -X2-6, -X1-6, -X7-6, -X7-7, -X1-7, -X2-7, -X3-7, -X3-8, -X2-8, -X1-8, -X7-8, -X7-9, -X1-9, -X2-9, -X3-9, -X3-10, -X2-10, -X1-10, -X2-11, -X3-11, -X3-12, -X2-12, -X2-13, -X2-14		51	Burklin

FOTEK

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
SSR-25A-DA	-K2	Relé de estado sólido	1	FOTEK

Phoenix Contact

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
3044076	-X9-1, -X4-1, -X0-1, -X5-1, -X5-2, -X4-2, -X9-2, -X0-2, -X0-3, -X9-3, -X4-3, -X5-3, -X5-4, -X4-4, -X9-4, -X0-4, -X0-5, -X9-5, -X4-5, -X5-5, -X5-6, -X4-6, -X9-6, -X0-6, -X0-7, -X9-7, -X4-7, -X5-7, -X5-8, -X4-8, -X9-8, -X0-8, -X0-9, -X9-9, -X4-9, -X5-9, -X5-10, -X9-10, -X0-10, -X0-11, -X5-11, -X5-12, -X0-12, -X0-13, -X5-13, -X5-14, -X0-14, -X0-15, -X0-16, -X0-17	Borna UT 2,5, sección 0,14 mm² - 4 mm² AWG: 26 - 12, conexión por tornillo, tipo de montaje NS 35/7,5, NS 35/15, 24A 1000V, gris	50	Phoenix Contact

Rittal

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
AE 1016.600	+L1	Armario compacto AE, puerta acero inoxidable con placa de montaje. Medidas en mm (AnxAlxPro): 800 x 1000 x 300	1	Rittal

Universidad Antonio Nariño

Listado de materiales

Índice  
1

Hoja  
09

Contrato n° :

Situación: +L1

Armario principal

IND	Fecha	Nombre	Comentarios
1	6/10/2020	Lenovo	
0	6/10/2020	Lenovo	
Datos de usuario 1		Datos de usuario 2	
Sergio Novoa		Nicolás Hernández	

Schneider Electric

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
04267	+L1	CANALETA P 80x60 LONG=2m CABLE VERTICAL	5	Schneider Electric
9001KP35G9	-H1	PILOTO COMPLETO CON LAMP 24V VERDE	1	Schneider Electric
9001KP35LRR9	-H2	PILOTO COMPLETO LED 24V ROJO	1	Schneider Electric
NSYCR400W115V	-R1	Resis.c/ventil. 750W 115V Alum	1	Schneider Electric
XB2BS742	-S3	PULSADOR DE SETA NC ROJO	1	Schneider Electric
XB7EH03B1P	-S1	PULS.LUMI.PULS-PULS VERDE LED 24VDC 1 NA	1	Schneider Electric
XB7EH04B2P	-S2	PULS.LUMI.PULS-PULS ROJO LED 24VDC 1 NC	1	Schneider Electric

Siemens

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
3RT1017-1BB41	-K1	CONTACTOR,AC-3 5,5 KW/400 V,1NA DC 24 V 3 POLOS, TAM. S00, CONEXION POR TORNILLO	1	Siemens
3RV2011-0AA10	-Q1	INTERRUPTOR AUT. TAM. S00, P/ PROTEC. MOTORES, CLASE 10, DISP. A0,11...0,16A,DISP. N2,1A BORNES DE TORNILLO, PODER DE CORTE ESTANDAR	1	Siemens
5SY4101-8	-Q2 , -Q3	INTERR. PROTEC. SELEC. 230/400V 10KA, 1POLOS, D, 1A, P=70MM	2	Siemens
5SY4102-8	-Q4	INTERR. PROTEC. SELEC. 230/400V 10KA, 1POLOS, D, 2A, P=70MM	1	Siemens
6ES5710-8MA21	+L1	Perfil soporte 35 mm, longitud: 530 mm	3	Siemens
6ES7214-1BG40-0XB0	-N1	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relés, E/S integradas: 14 ED 24VDC; 10 SD relés 2A; 2 AI 0 - 10V DC, Alimentación: AC 85 - 264 V AC BEI 47 -63 HZ, Memoria de programa/datos 75 KB	1	Siemens
SINAMICS G 110	-J1	VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G 110	1	Siemens

Termopar

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
TIPO K	-TC1	Termopar	1	Termopar

Universidad Antonio Nariño

Listado de materiales

Índice  
1

Contrato n° :

Situación: +L1

Armario principal

IND	Fecha	Nombre	Comentarios
1	6/10/2020	Lenovo	
0	6/10/2020	Lenovo	

Datos de usuario 1: Sergio Novoa  
 Datos de usuario 2: Nicolás Hernández

Hoja  
10

= 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-N1:X10 7	=F1+L1-X2-1	23	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 8	=F1+L1-X2-2	25	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 9	=F1+L1-X2-3	27	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 10	=F1+L1-X2-4	29	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 11	=F1+L1-X2-5	31	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 12	=F1+L1-X2-6	32	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 13	=F1+L1-X2-7	33	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 14	=F1+L1-X2-8	18	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 15	=F1+L1-X2-9	21	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 16	=F1+L1-X2-10	22	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 17	=F1+L1-X2-11	24	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 18	=F1+L1-X2-12	26	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 19	=F1+L1-X2-13	28	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 20	=F1+L1-X2-14	30	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 1	=F1+L1-X3-1	34	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 2	=F1+L1-X3-2	35	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 3	=F1+L1-X3-3	36	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 4	=F1+L1-X3-4	37	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 5	=F1+L1-X3-5	38	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 6	=F1+L1-X3-6	39	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 7	=F1+L1-X3-7	40	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 8	=F1+L1-X3-8	41	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V

Universidad Antonio Nariño	Listado de cables				Índice
		1	6/10/2020	Lenovo	1
		0	6/10/2020	Lenovo	
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal		Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández
					Hoja 11

-> = 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-N1:X12 9	=F1+L1-X3-9	42	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 10	=F1+L1-X3-10	43	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 11	=F1+L1-X3-11	44	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X12 12	=F1+L1-X3-12	45	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-4	10	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-5	11	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-6	12	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-7	14	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-8	15	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-1	7	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-2	8	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-3	9	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-9	13	14 (AWG)	838.02	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X1-10	16	14 (AWG)	819.79	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X4-3:2	61	14 (AWG)	2721.39	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X4-4:2	5	14 (AWG)	2753.22	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X4-5:2	6	14 (AWG)	2734.3	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X4-1:2	1	14 (AWG)	2758.54	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X4-2:2	58	14 (AWG)	2758.34	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 1	=F1+L1-X5-1:2	17	14 (AWG)	1980.76	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 2	=F1+L1-X5-2:2	58	14 (AWG)	1976.18	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 3	=F1+L1-X5-3:2	61	14 (AWG)	1970.18	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V

Universidad Antonio Nariño

Listado de cables

Contrato n° :

Situación: +L1

Armario principal

				Índice
1	6/10/2020	Lenovo		1
0	6/10/2020	Lenovo		
IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
Datos de usuario 1 Sergio Novoa			Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	12

-> = 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-N1:X10 4	=F1+L1-X5-4:2	19	14 (AWG)	1970.18	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-S1:3	=F1+L1-X5-5:2	19	14 (AWG)	2208.27	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-S2:1	=F1+L1-X5-6:2	19	14 (AWG)	2245.99	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-S3:21	=F1+L1-X5-7:2	19	14 (AWG)	2007.67	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-5:1	=F1+L1-X5-10:1	19	14 (AWG)	219.47	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-5:1	=F1+L1-X5-6:1	19	14 (AWG)	193.63	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-6:1	=F1+L1-X5-7:1	19	14 (AWG)	191.01	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-7:1	=F1+L1-X5-8:1	19	14 (AWG)	196.68	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-8:1	=F1+L1-X5-9:1	19	14 (AWG)	193.76	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X6-1:1	=F1+L1-X5-8:2	19	14 (AWG)	2608.66	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X6-3:1	=F1+L1-X5-10:2	19	14 (AWG)	2566.66	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-4:1	=F1+L1-X5-5:1	19	14 (AWG)	193.59	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-B1:3	=F1+L1-X5-11:2	19	14 (AWG)	2355.06	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-10:1	=F1+L1-X5-11:1	19	14 (AWG)	200.78	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-B1:1	=F1+L1-X5-12:1	20	14 (AWG)	2353.75	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 5	=F1+L1-N1:X10 6	20	14 (AWG)	45.95	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-N1:X10 6	=F1+L1-X5-12:2	20	14 (AWG)	1960.42	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-12:2	=F1+L1-X5-13:2	20	14 (AWG)	41.4	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X5-13:2	=F1+L1-X5-14:2	20	14 (AWG)	37.62	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-H1:X2	=F1+L1-X5-13:1	20	14 (AWG)	2293.66	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-S1:4	=F1+L1-X7-1	62	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-S2:2	=F1+L1-X7-2	63	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V

SOLIDWORKS Electrical

Universidad Antonio Nariño	Listado de cables				Índice
		1	6/10/2020	Lenovo	1
		0	6/10/2020	Lenovo	
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal		Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández
					Hoja 13

-> = 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-S3:22	=F1+L1-X7:3	64	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-H2:X1	=F1+L1-X7-6	68	14 (AWG)	809.92	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-H1:X1	=F1+L1-X7-5	66	14 (AWG)	864.34	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-M1	=F1+L1-X8-1	50	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-M1	=F1+L1-X8-2	53	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-M1	=F1+L1-X8-3	56	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q3:2	=F1+L1-X5-1:1	17	14 (AWG)	336.16	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K1:6/T3	=F1+L1-X7-9	55	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K1:4/T2	=F1+L1-X7-8	52	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K1:2/T1	=F1+L1-X7-7	49	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X4-1:1	=F1+L1-Q2:2	1	14 (AWG)	223.55	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-R1:N	=F1+L1-X9-3:1	58	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-TC1	=F1+L1-X9-5:1	70	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K2:3	=F1+L1-X9-7:2	72	14 (AWG)	86.06	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K2:4	=F1+L1-X9-8:2	73	14 (AWG)	149.05	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K2:2	=F1+L1-X9-10:1	54	14 (AWG)	244.05	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-K2:1	=F1+L1-X9-9:1	74	14 (AWG)	222.79	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-R1:L	=F1+L1-X9-9:2	74	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-4:1	=F1+L1-X9-10:2	54	14 (AWG)	59.43	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-2:1	=F1+L1-X9-4:2	54	14 (AWG)	36.36	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X8-4	2	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-J1	=F1+L1-X8-5	3	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V

Universidad Antonio Nariño

Listado de cables

Contrato n° :

Situación: +L1

Armario principal

				Índice
1	6/10/2020	Lenovo		1
0	6/10/2020	Lenovo		
IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
Datos de usuario 1 Sergio Novoa			Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	14



-> = 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-J1	=F1+L1-X8-6	4	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-1:1	=F1+L1-X0-2:1	46	14 (AWG)	37.59	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-2:1	=F1+L1-X0-3:1	46	14 (AWG)	37.57	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-4:1	=F1+L1-X0-5:1	47	14 (AWG)	37.62	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-5:1	=F1+L1-X0-6:1	47	14 (AWG)	37.61	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-7:1	=F1+L1-X0-8:1	54	14 (AWG)	37.48	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-8:1	=F1+L1-X0-9:1	54	14 (AWG)	37.63	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-10:1	=F1+L1-X0-11:1	58	14 (AWG)	37.51	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-11:1	=F1+L1-X0-12:1	58	14 (AWG)	37.63	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-12:1	=F1+L1-X0-13:1	58	14 (AWG)	37.57	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-14:1	=F1+L1-X0-15:1	61	14 (AWG)	37.51	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-15:1	=F1+L1-X0-16:1	61	14 (AWG)	37.59	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-16:1	=F1+L1-X0-17:1	61	14 (AWG)	37.57	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q2:1	=F1+L1-X0-2:2	46	14 (AWG)	220.46	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q1:3/L2	=F1+L1-X0-4:2	47	14 (AWG)	394.72	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q3:1	=F1+L1-X0-5:2	47	14 (AWG)	183.21	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q1:5/L3	=F1+L1-X0-7:2	54	14 (AWG)	387.58	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-4:2	=F1+L1-X0-8:2	54	14 (AWG)	471.21	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-10:2	=F1+L1-X4-2:1	58	14 (AWG)	366.45	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-11:2	=F1+L1-X5-2:1	58	14 (AWG)	276.55	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-1:1	=F1+L1-X0-12:2	58	14 (AWG)	387.53	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-14:2	=F1+L1-X4-3:1	61	14 (AWG)	380.39	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V

Universidad Antonio Nariño

Listado de cables

Contrato n° :

Situación: +L1

Armario principal

				Índice
1	6/10/2020	Lenovo		1
0	6/10/2020	Lenovo		
IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
Datos de usuario 1 Sergio Novoa			Datos de usuario 2 Nicolás Hernández	15

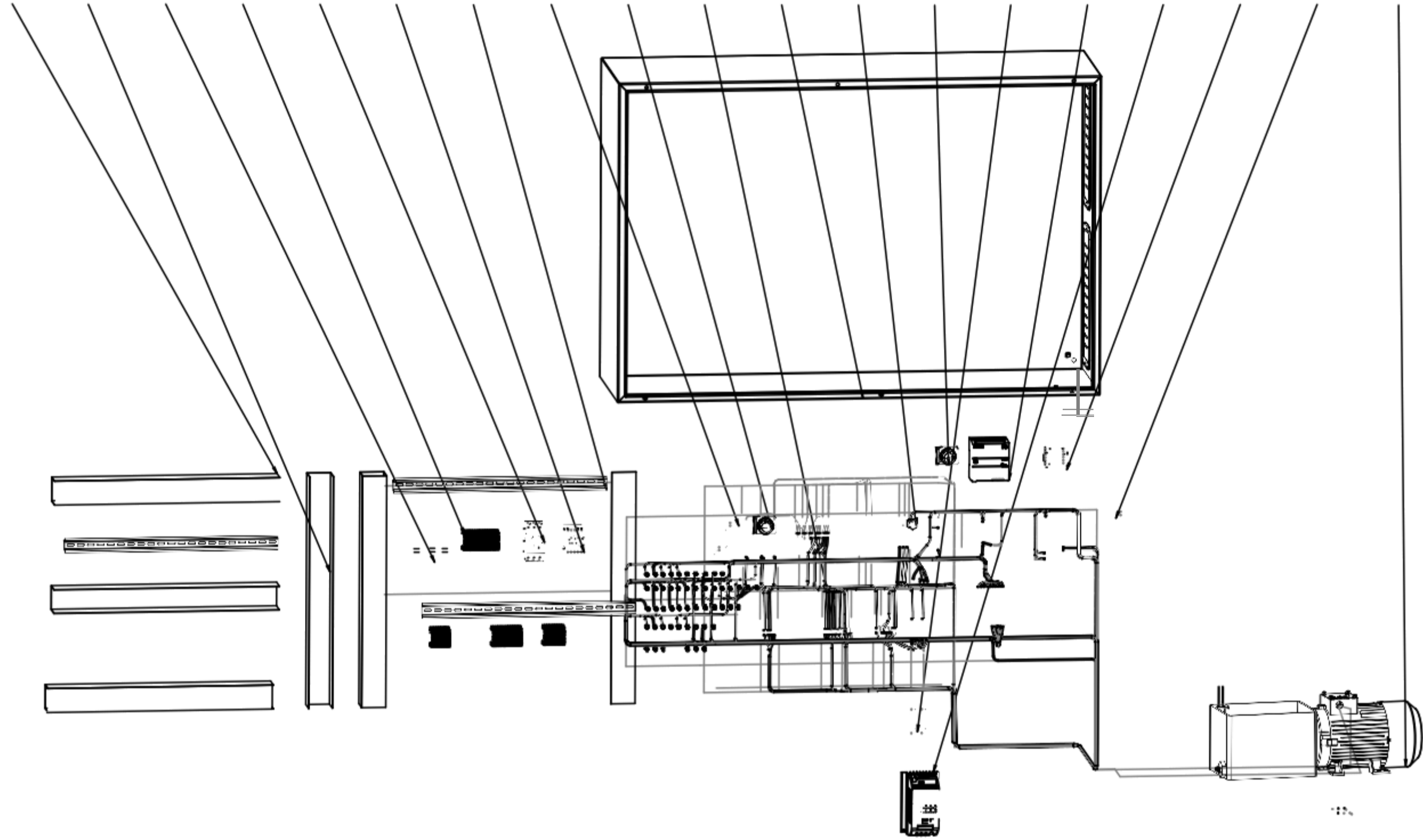
-> = 110V-3

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia	Estilo de línea
=F1+L1-X0-15:2	=F1+L1-X5-3:1	61	14 (AWG)	270.35	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X0-16:2	=F1+L1-J1	61	14 (AWG)	2413.93	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-5:2	=F1+L1-B3:1	70	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-6:1	=F1+L1-TC1	71	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-6:2	=F1+L1-B3:2	71	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-Q4:2	=F1+L1-B3:11	69	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-3:2	=F1+L1-B3:10	58	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-8:1	=F1+L1-B3:5	73	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
=F1+L1-X9-7:1	=F1+L1-B3:4	72	14 (AWG)	0	1015-14-1-0 - 1 CONDUCTOR 14AWG	= 110V
				<b>54629.9</b>		

SOLIDWORKS Electrical

Universidad Antonio Nariño	Listado de cables				Índice
		1	6/10/2020	Lenovo	1
		0	6/10/2020	Lenovo	
		IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Contrato n° :	Situación: +L1	Armario principal		Datos de usuario 1 Sergio Novoa	Datos de usuario 2 Nicolás Hernández
					Hoja 16

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Gabinete	Armario compacto AE, puerta acero inoxidable con placa de montaje. Medidas en mm (AnxAlxPro): 1200 x 600 x 300	1
2	Riel	Riel omega = 530 mm	4
3	Cmanaleta	CANALETA P 80x60 LONG=2m CABLE VERTICAL	3
4	Canaleta	CANALETA P 80x60 LONG=2m CABLE VERTICAL	2
5	braker 5SY4101-8_G_I202_XX_18116V	Breaker AC	3
6	contactor-3RT1017-1B841_G_NSBO_XX_90459V	Contactador Siemens	1
7	bornera-pxc_3044076_18_UT-2-5_3D	Borna UT 2,5, sección 0,14 mm <sup>2</sup> - 4 mm <sup>2</sup> AWG; 26 - 12, conexión por tornillo, tipo de montaje NS 35/7,5, NS 35/15, 24A 1000V, gris	50
8	57-1200 CPU	PLC Siemens	1
9	G110	Variador de frecuencia Siemens	1
10	Sensosr inductivo	Autonics	1
11	Led-SchneiderElectric-3D-09-22-2020	Led indicador 24 V ac	1
12	Led rojo-SchneiderElectric-3D-09-22-2020	Led indicador 24 V ac	1
13	Pulsador-SchneiderElectric-3D-09-22-2020	Pulsadores	2
14	paro de emergencia	Paro de emergencia	1
15	Bornera banana	Bornera hembra tipo banana	48
16	Comntrolador	Controlador de temperatura Autonics T4S	1
17	SSR	Relé de estado sólido	1
18	guardamotor- 3RV2011-0AA10_G_NS40_XX_93049V	Guardamotor Siemens	1
19	Motor eléctrico	Motor trifásico de 1/2 HP	1
20	Cableado interno	14 AWG	1



## 1. TITULO DE LA PRÁCTICA:

# RECONOCIMIENTO DEL BANCO DE PRACTICAS

---

Integrantes:

✓ \_\_\_\_\_  
✓ \_\_\_\_\_  
✓ \_\_\_\_\_  
✓ \_\_\_\_\_

Código:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 2. OBJETIVOS:

General

- Identificar y conocer los instrumentos y equipos dentro del banco de prácticas.

Específicos

- Observar detalladamente el funcionamiento de la instrumentación instalada en el banco de pruebas.
- Conocer el paso a paso para la puesta en marcha de los programas en lógica LADDER de un PLC SIEMENS S7 1200.

## 3. REFERENTES CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO:

### 3.1. PLC (Programmable Logic Controller)

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico con un número determinado de entradas y salidas, donde se conectan los elementos captadores y actuadores del sistema. Mediante un software adecuado, se realiza un programa encargado de relacionar los dispositivos de entrada con los de salida. Una vez realizado este programa, se grabará en la memoria del PLC, el cual se encargará de realizar las secuencias de control que harán funcionar un determinado proceso automatizado.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> S., M. R. (2013). Automatizamos industriales Conceptos y procedimientos. Nau Libres.





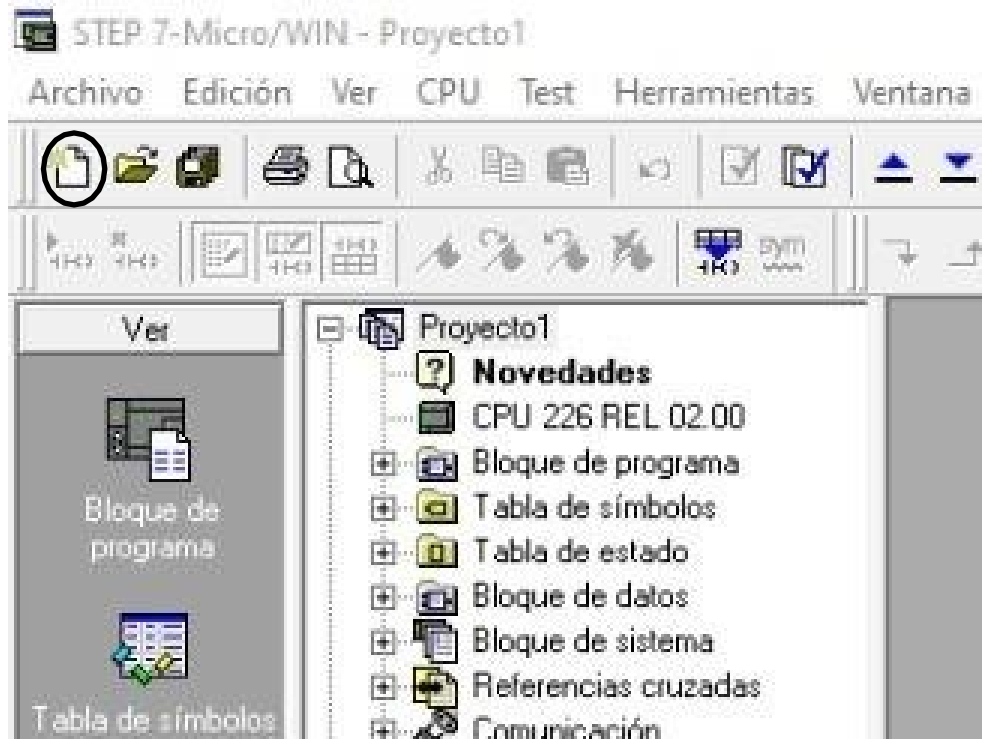


Figura 2. Proyecto Nuevo STEP 7.

- Una vez creado un archivo nuevo se abrirá una venta la cual contendrá el cuerpo del programa a realizar como se muestra en figura 3, en la sub-menú ubicado en la parte superior de la pantalla (Ver figura 4) encontrará las diferentes bibliotecas del programa la cuales albergan temporizadores, marcas, entradas, salidas y todos los aplicativos dentro de los leguajes de programación que para este caso es tipo Ladder.

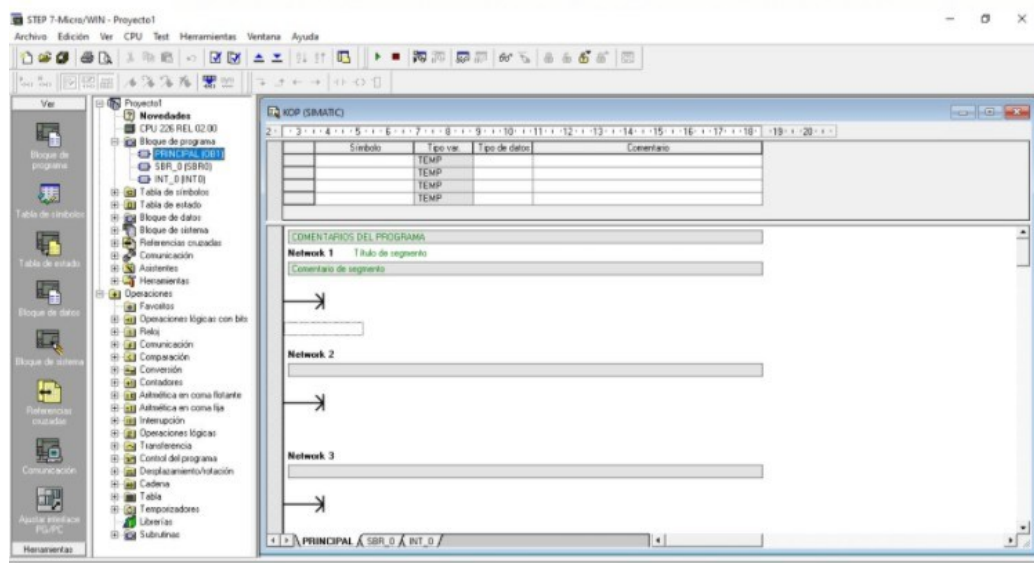


Figura 3. Venta de programación.

5. Una vez seleccionado el símbolo de entrada se desplegará el menú de opciones que manejará el mismo símbolo de entrada, pero con un adicional característico, para el caso de las salidas se desplegará un menú similar con el contenido que ofrece para seleccionar.

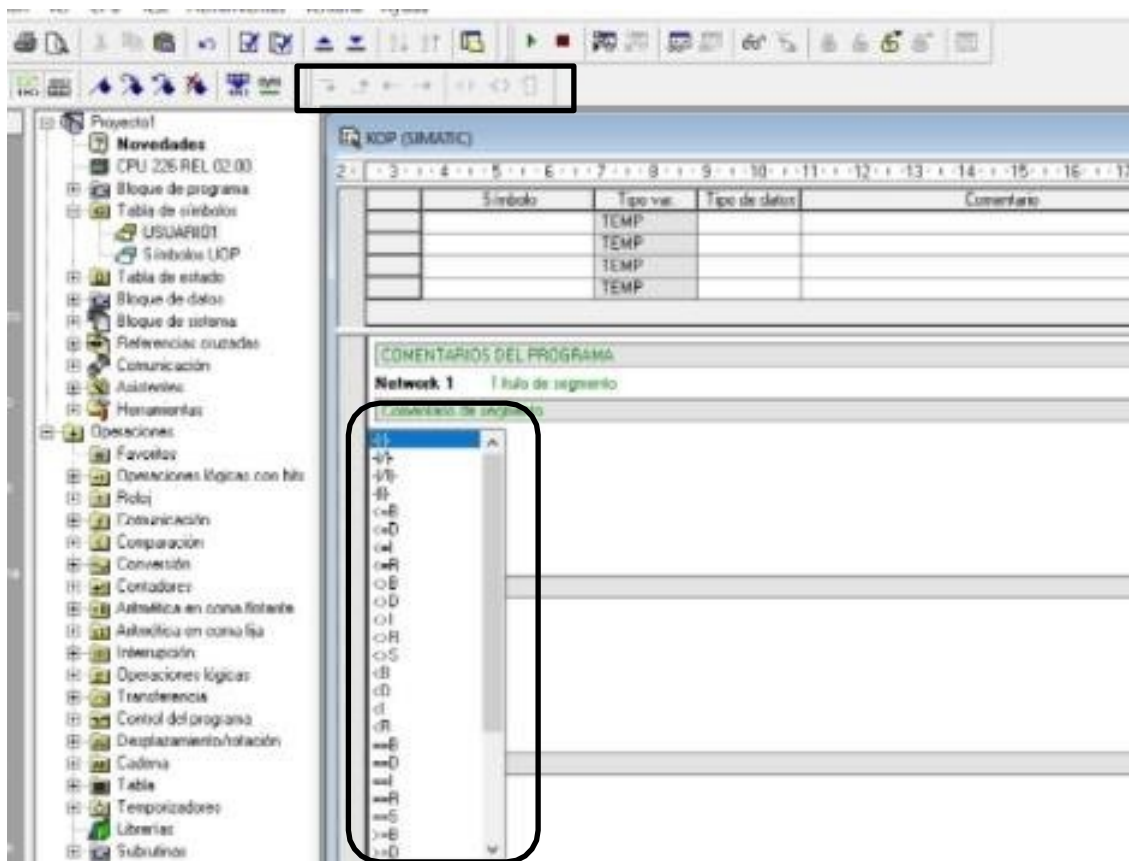


Figura 4. Tipos de entradas STEP 7

6. Una vez realizado dicho programa debe compilarlo pulsando el icono de compilar todo, cuando el programa haya lo requerido cárguelo al PLC y nuevamente cumpla con las condiciones dadas para que pasado el tiempo programado obtenga la salida en el PLC.

## 7. ANÁLISIS CUALITATIVO

1. Realice un programa el cual contenga tres (3) entradas y una (1) salida la cual esté condicionada de la siguiente manera:
  - i) La entrada I0,0 deberá estar conectada con I0,1 de forma AND.
  - ii) La entrada I0,2 deberá ser conectada en forma OR con el resultado de la conexión AND anteriormente realizada.
  - iii) El resultado de la conexión OR anteriormente realizado debe ser conectado a un temporizador TON en cinco segundos (5) y a la salida de dicho temporizador debe ser conectado a una salida Q0,0





## 1. TITULO DE LA PRÁCTICA:

# Programación de ajustes variador de velocidad

Integrantes:

✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____

Código:

_____
_____
_____
_____

## 2. OBJETIVOS:

### General

- Identificar y analizar el comportamiento de variables eléctricas en el motor al realizar ajustes en su frecuencia de operación.

### Específicos

- Realizar ajustes de parámetros de operación en el variador de velocidad desde el BOP (Panel Básico de Operación).
- Construir graficas de operación con base a información adquirida al realizar las correspondientes mediciones.
- Observar las ventajas del uso de variadores de velocidad para motores trifásicos.

## 3. REFERENTES CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO:










### 3.1. Variador de velocidad

Un variador de frecuencia es un dispositivo que permite el control de la velocidad de giro de un motor de corriente alterna, modificando la frecuencia y la tensión de línea de alimentación. Al actuar sobre la frecuencia varia la velocidad de giro del motor, en consecuencia, varia también la corriente y la potencia eléctrica. Para ello, es necesario realizar la programación del variador de frecuencia según las características del motor asociado.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Obtenido de <https://iguren.es/blog/como-funciona-un-variador-de-frecuencia/>

### 3.2. Descripción BOP

El panel básico de operación permite la modificación de parámetros para una puesta en servicio completa, modificando señales de control y velocidad. El BOP posee una pantalla de visualización de cinco cifras donde se pueden observar y modificar parámetros.<sup>2</sup>

Panel/botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo el tiempo de deceleración seleccionado. Por defecto está bloqueado el botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Invertir sentido de giro	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón – en estado "listo" – el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parámetro, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d. unidades en V). 2. Tensión de salida (indicada mediante o . unidades en V). 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. El valor seleccionado en P0005 Pulsando de nuevo circula la sucesión anterior. <b>Función de salto</b> Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo al punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón aumenta el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón disminuye el valor visualizado.

<sup>2</sup> Obtenido de support.industry.siemens.com (pág. 38)



## 5. ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA PRACTICA

- Multímetro digital o pinza voltiamperimetrica.
- Motor eléctrico.

## 6. PROCEDIMIENTO

1. Realice una inspección del banco de trabajo identificando estado operativo de todos los componentes a utilizar y verifique la tensión de alimentación.
2. Verifique las conexiones existentes entre el variador de velocidad y el motor, identificando posibles cables sueltos o tramos abiertos.
3. Encienda el variador de velocidad y proceda a realizar los ajustes de frecuencia correspondientes para la tabla 1.
4. Con ayuda de un multímetro o pinza voltiamperimetrica realice las mediciones respectivas para diligenciar la tabla 1. (Verifique de medición la escala de medida del instrumento de medición).
5. Ajuste el variador de velocidad a frecuencia nominal de operación del motor y registre los valores de corriente y tensión correspondientes.

Observaciones: mientras el sistema este encendido **NUNCA** manipule o desconecte cables, puede sufrir lesiones o quemaduras graves.

## 7. ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

### Cuantitativo

1. Mida los parámetros correspondientes y diligencie la siguiente tabla.

Frecuencia (Hz)	Tensión de salida (V)	Corriente (A)
0		
3		
6		
9		
12		
15		
18		
21		
24		
27		
30		
33		
36		

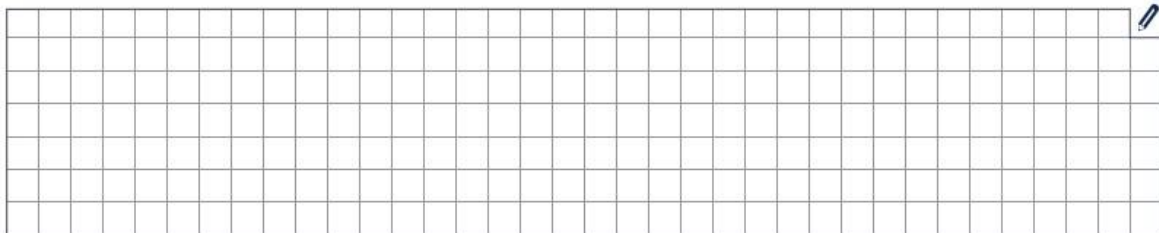
39		
42		
45		
48		
51		
54		
57		
60		

Tabla 1. Variables eléctricas.

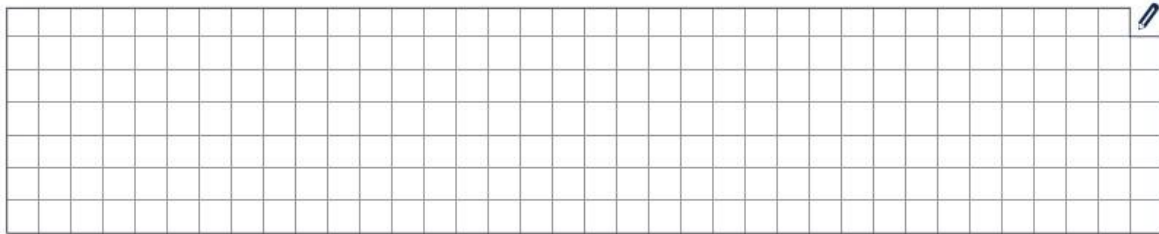
2. Con la información obtenida realice las siguientes graficas:
  - I. Frecuencia – corriente.
  - II. Frecuencia – voltaje
  - III. Tensión – voltaje
  
3. Construya el triangulo de potencias para la frecuencia nominal del motor y calcule el factor de potencia.

**Cualitativo**

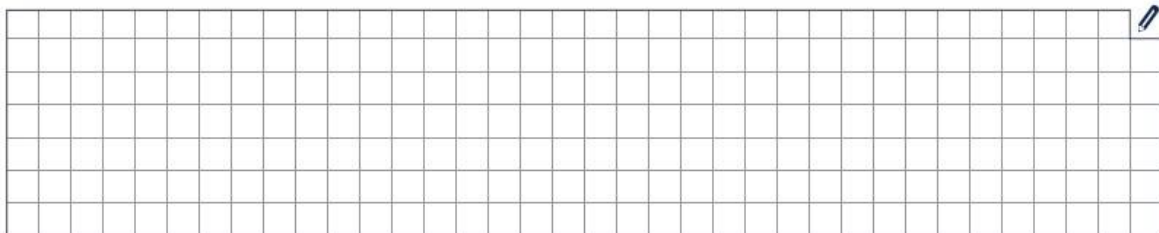
1. ¿Los valores de potencia y factor de potencia son correspondientes a los indicados en la placa del motor?



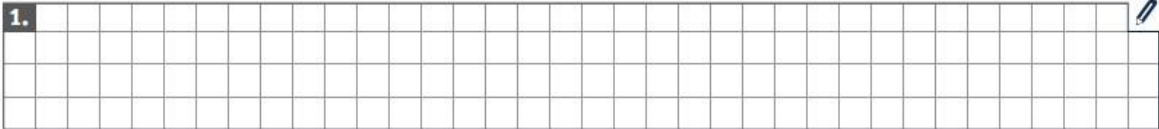

2. ¿Qué relación identifica entre las variables Frecuencia – corriente?

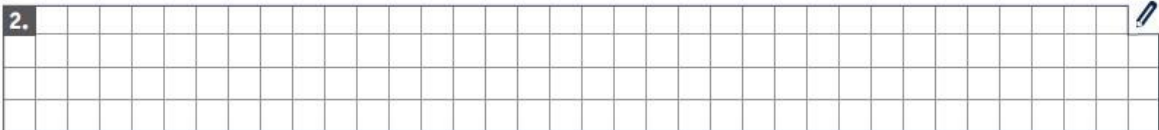



3. ¿Cuál es el comportamiento de velocidad de giro del motor al variar la frecuencia y a que se debe esto?



**8. CONCLUSIONES**

1.  

2.  

3.  

## 1. TITULO DE LA PRÁCTICA:

# Control Automático y Carga Variable

Integrantes:

✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____

Código:

_____
_____
_____
_____

## 2. OBJETIVOS:

### General

- Identificar el funcionamiento de un sistema automático para calentar un fluido.

### Específicos

- Analizar el comportamiento del motor cuando es sometido a una carga variable.
- Comparar el comportamiento del motor cuando es sometido a un arranque directo y un arranque controlado por un drive.
- Establecer un control automático para variar la carga del motor y a su vez la velocidad de este.

## 3. REFERENTES CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO:

### 3.1. PLC (Programmable Logic Controller)

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico con un número determinado de entradas y salidas, donde se conectan los elementos captadores y actuadores del sistema. Mediante un software adecuado, se realiza un programa encargado de relacionar los dispositivos de entrada con los de salida. Una vez realizado este programa, se grabará en la memoria del PLC, el cual se encargará de realizar las secuencias de control que harán funcionar un determinado proceso automatizado.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S., M. R. (2013). Automatizamos industriales Conceptos y procedimientos. Nau Libres.



### 3.2. Variador de velocidad

Un variador de frecuencia es un dispositivo que permite el control de la velocidad de giro de un motor de corriente alterna, modificando la frecuencia y la tensión de línea de alimentación. Al actuar sobre la frecuencia varía la velocidad de giro del motor, en consecuencia, varía también la corriente y la potencia eléctrica. Para ello, es necesario realizar la programación del variador de frecuencia según las características del motor asociado.<sup>2</sup>

### 3.3. Controlador de Temperatura

Es un instrumento utilizado para regular el estado térmico dentro de un proceso en cual la temperatura es primordial. Su principio de funcionamiento se basa en obtener una señal de entrada proveniente de un sensor (termopar/ pt100) y retroalimentar una salida conectada a un instrumento de control.<sup>3</sup>

### 3.4. Termocuplas

Existen diferentes tipos de instrumentos de medida que son compatibles con el dispositivo de control, entre ellos se encuentran las termocuplas y RTD. Para nuestra aplicación se ha seleccionado la termocupla tipo K que ofrece un rango de medición de -180 a 1372 °C. Este tipo de instrumento de medida posee ventajas respecto a la RTD en cuanto a costo, velocidad de medición y robustez. Analizando sus características de costo y desempeño sus propiedades se acoplan perfectamente a las necesidades del proyecto brindando confiabilidad y garantía en el proceso.

### 3.5. Variación de la viscosidad con la temperatura.

A parte de depender de la velocidad de cizalla y del tiempo de aplicación de la misma, la viscosidad es fuertemente dependiente de la temperatura. La mayoría de los materiales disminuyen su viscosidad con la temperatura; la dependencia es exponencial y puede haber variaciones de hasta un 10% por cada °C modificado.

Para líquidos más viscosos esta dependencia es mayor, y ha de tomarse mayores precauciones en el control de la temperatura. la dependencia de la viscosidad con la temperatura es exponencial, siendo la expresión más común la ecuación de Arrhenius:

$$\eta = A e^{\frac{B}{T}}$$

Donde T es la temperatura absoluta y A, B son constantes del material estudiado.

<sup>2</sup> Obtenido de <https://iguren.es/blog/como-funciona-un-variador-de-frecuencia/>

<sup>3</sup> JMI. (s.f.). Obtenido de <https://www.jmi.com.mx/controles-de-temperatura>  
S., M. R. (2013). Automatizamos industriales Conceptos y procedimientos. Nau Libres.



## 5. ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA PRACTICA

- Pinza voltiamperimetrica.
- Motor eléctrico.
- Termocupla tipo J, K o PT100.
- Termómetro de mano.
- Valvulina
- Aceite
- Agua
- Trapos y paños secos
- Recipiente plástico aforado
- Embudo
- Balde de plástico
- Flexometro

## 6. PROCEDIMIENTO

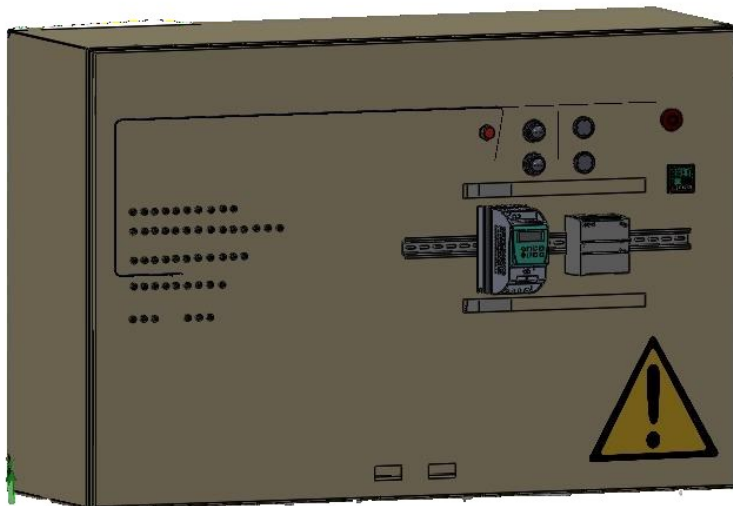
1. Una vez conectado el banco de pruebas verifique los voltajes de entrada y que las protecciones de cada equipo estén apagadas.
2. Verifique las conexiones de control y potencia del variador con respecto al motor y con respecto al PLC, no manipule las conexiones internas que sean fijas; solo podrá cambiar las conexiones de las bornas externas.
3. Encienda el banco de pruebas y verifique que todos los componentes estén en funcionamiento.
4. Adicione al tanque de pruebas valvulina hasta alcanzar la respectiva señal de llenado, una vez adicione el líquido encienda el sistema y cargue un programa en el PLC el cual le permita calentar y rotar el motor con los datos de la tabla 1.
5. Desocupe el tanque y límpielo en seco quitando todos los residuos del líquido anterior.
6. Repita el paso 4 y 5 con aceite y agua respectivamente y guarde los datos de cada uno de ellos.
7. Desconecte el motor de las bornas de salida del variador y conéctelas en el contactor para arrancar el motor de forma directa y complete los datos de la tabla 2.
8. Baje las protecciones correspondientes para apagar el banco de pruebas, desconecte y deje en óptimas condiciones para una nueva práctica.





# MANUAL DE INSTALACIÓN BANCO DE PRACTICAS

UNIVERSIDAD



## **1. OBJETIVO**

El presente manual tiene como objetivo establecer los pasos específicos para la instalación y puesta en marcha de un banco de prácticas con PLC Siemens y sistema de carga variable en el laboratorio de automatización de la facultad de FIMEB de la universidad Antonio Nariño.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Un banco de prácticas es una herramienta educativa en la cual los estudiantes desarrollan diferentes tipos de habilidades de análisis y razonamiento. Por tal motivo y como desarrollo de TIG se decide realizar el diseño de un banco de prácticas con PLC y variador de frecuencia para motor trifásico. El diseño se lleva a cabo partiendo desde los elementos y equipos disponibles en sitio, verificando su operatividad y posteriormente realizando la ingeniería conceptual de la instrumentación requerida para la puesta en marcha. El banco de prácticas fue diseñado y simulado en software de ingeniería con el fin de verificar su operatividad y compatibilidad entre instrumentos.



## TABLA DE CONTENIDO

1. Objetivo .....	2
2. Introducción .....	2
3. Advertencias de seguridad .....	4
4. Procesos de desmonte .....	6
4.1. Descableado.....	6
4.2. Desmonte de elementos.....	7
5. Preparación del tablero.....	8
6. Instalación del sistema de carga variable.....	11
7. Pruebas de puesta en servicio.....	12





### 3. ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

1. Use los elementos de protección personal (gafas de seguridad, guantes, protección auditiva) dependiendo de la actividad a realizar.
2. Antes de realizar cualquier tipo de intervención eléctrica se debe verificar la ausencia de tensión AC o DC según corresponda.
3. Siempre utilice los planos y esquemas diseñados para el ensamble y puesta en servicio del banco de prácticas.
4. No altere ni modifique los planos de diseño.
5. Verifique que los equipos y herramientas a utilizar para el ensamble y puesta en servicio del banco se encuentren en buen estado y/o calibrados para los elementos de metrología como multímetros digital o pinzas voltiamperimétricas.
6. Nunca manipule o altere las conexiones eléctricas después de energizado el banco de prácticas, puede causar daños graves como quemaduras o incluso la muerte.
7. No intervenga mecanismos en movimiento (motor) hasta que estos estén totalmente en reposo y se corten sus fuentes de alimentación.
8. Clasifique y disponga los residuos generados durante el ensamble del banco de prácticas en los sitios dispuestos para ello.

#### 4. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Para la labor de instalación y puesta en marcha del banco de prácticas se requieren los siguientes equipos y herramientas:

<b>Equipo o Herramienta</b>	<b>Cantidad</b>
Multímetro digital o pinza voltiamperimétrica.	1 unidad.
Taladro eléctrico 1/2 Pulgada.	1 unidad.
Brocas para lamina.	1 juego.
Caladora.	1 unidad.
Cautín.	1 unidad.
Extensión eléctrica	1 unidad.
Remachadora.	1 unidad.
Destornilladores de pala.	1 juego.
Destornilladores de estrella.	1 juego.
Ponchadora para terminal de cable.	1 unidad.
Flexómetro.	1 unidad.
Martillo.	1 unidad.
Limas para lamina.	1 juego.

Tabla 1. Equipos y herramientas.

## 5. PROCESOS DE DESMONTE

Actualmente el banco de prácticas cuenta con una serie de elementos conectados como se muestra en la figura 1, de los cuales algunos deben ser desmontados para posteriormente realizar la instalación de nuevos dispositivos.



Figura 1. Banco de prácticas estado inicial.

### 5.1. Descableado

1. Para iniciar el proceso de descableado es importante asegurar las condiciones de seguridad necesarias, por tal motivo es fundamental **verificar ausencia de tensión** en la alimentación de corriente alterna del banco. Para esto se debe utilizar un multímetro digital seleccionando el ítem de voltaje alterno (V ac).
2. Con un destornillador de pala o estrella según sea la necesidad, se procede a realizar la desconexión de todo el cableado existente entre los dispositivos.
3. Existen conexiones existentes entre el PLC y el variador de velocidad con las terminales tipo banana instaladas en la parte frontal del tablero como se observa en la figura 2, las cuales están soldadas con estaño.

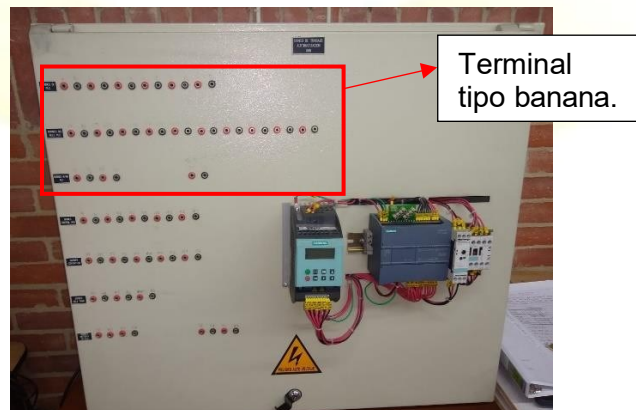
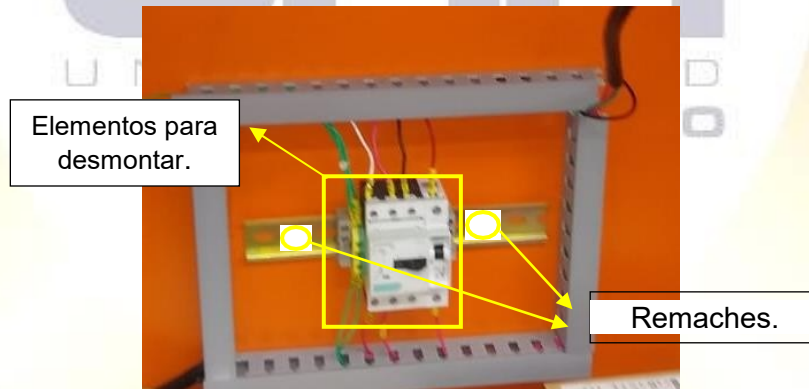


Figura 2. Tapa frontal del tablero.

4. Con ayuda de un caudín se debe realizar la desconexión del cableado existente en estas terminales, teniendo la precaución de conservarlas en buen estado ya que estas se reutilizarán en proceso de montaje del banco.
5. Una vez se tenga todo el cableado libre se procede a realizar el retiro del mismo.

## 5.2. Desmonte de elementos

1. Finalizada la etapa de descableado se debe realizar el desmonte de los elementos que están en el interior del tablero (Guardamotor, Breaker Monofásico, bornera de tierra y freno).
2. En el interior del tablero se encuentra instalado un riel tipo omega, el cual debe ser desmontado con ayuda de un taladro eléctrico y una broca de 1/4 de pulgada (6.35 mm).
3. Se debe realizar el retiro de los remaches que sujetan el riel omega, con el taladro y la broca se debe perforar la parte frontal del remache (figura 3) hasta que este se destruya.



*Figura 3. interior del tablero.*

4. Una vez destruido los remaches se puede retirar el riel omega, también se debe retirar las canaletas instalada alrededor del riel.
5. Retirados estos elementos se debe verificar que el interior del tablero quede totalmente libre y sin ningún elemento acoplado a en su interior.

**Nota: Los elementos desmontados (Guardamotor, Breaker Monofásico) se deben conservar en buen estado para su posterior uso.**

## 6. PREPARACIÓN DEL TABLERO

1. Con elementos de aseo se debe realizar la limpieza de las superficies del interior y exterior del tablero, retirando elementos como cintas adhesivas, contaminación y demás.
2. En la tapa frontal del tablero está disponible un espacio como se muestra en la figura 4 en cual se instalará la instrumentación seleccionada para la operación del banco.



Figura 4. Espacio para instrumentación.

3. En este espacio se deben realizar 6 perforaciones con un diámetro de 22 mm, correspondientes a los pulsadores, paro de emergencia y sensor inductivo. Estas perforaciones deben estar distribuidas con las dimensiones que se indican en el esquema mecánico presentado en el anexo 1 y como se muestra en la figura 5.

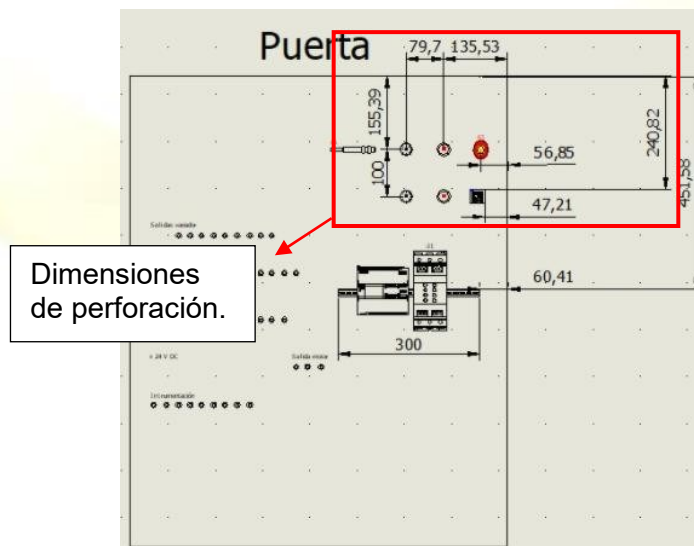
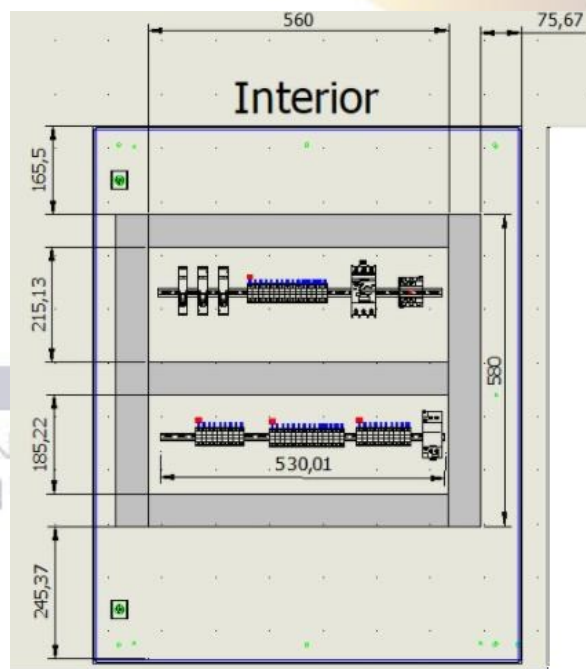


Figura 5. Distribución de perforaciones.

4. En el espacio para instrumentación se debe realizar un corte de lámina de 48 x 48 mm, correspondiente al controlador de temperatura del sistema de carga variable. Este corte se debe realizar con ayuda de una caladora eléctrica y utilizando los correspondientes elementos de protección personal para dicha labor.
5. En el interior del tablero se debe realizar la instalación de 2 tramos de riel omega de 530 mm cada uno, para esto se den realizar dos perforaciones de 1/4 de pulgada (6.35 mm) para la sujeción del riel con remaches.
6. De igual manera se debe realizar la instalación de 3 tramos de canaleta de 560 mm y 2 tramos de 580 mm, dispuestos como lo indica el plano mecánico del anexo 1 y la figura 6.



*Figura 6. Distribución mecánica interior.*

7. Finalizada la etapa de instalación de riel y canaleta se procede a realizar la instalación de los dispositivos eléctricos en el interior del tablero, con la siguiente distribución: en el riel superior se deben instalar 3 breaker monofásicos, el juego de bornas X0 compuesto por 15 unidades, 1 guardamotor (Q1) y un contactor (K1). En el riel inferior se instala el juego de bornas X4 de 9 unidades, la bornera X5 de 14 unidades, bornera X9 de 10 unidades y el relé de estado sólido (SSR).

**Nota: Ante cualquier duda de la distribución física y sus cantidades favor remítase al esquema 09 del Anexo1.**

8. Con todos los elementos instalados en el tablero se procede a realizar el cableado eléctrico. A partir del esquema 20 del Anexo 1 se encuentran las listas de cableado en las cuales se especifica los puntos de conexión en cada dispositivo.
9. Se recomienda el uso de terminal para cable 14 AWG (figura 6) en los extremos de cada conexión, así como el uso de marquillas termo encogibles par la identificación del cableado.



Figura 7. Terminal para cable y marquilla termo encogible.

10. Al finalizar la etapa de cableado se debe realizar una inspección visual del cableado verificando en busca de conexiones flojas o sin buen contacto en los dispositivos, si existe alguna corregirla de inmediato.
11. Culminado el cableado de todos los dispositivos y bornas se debe obtener un tablero como se muestra en la imagen 8.

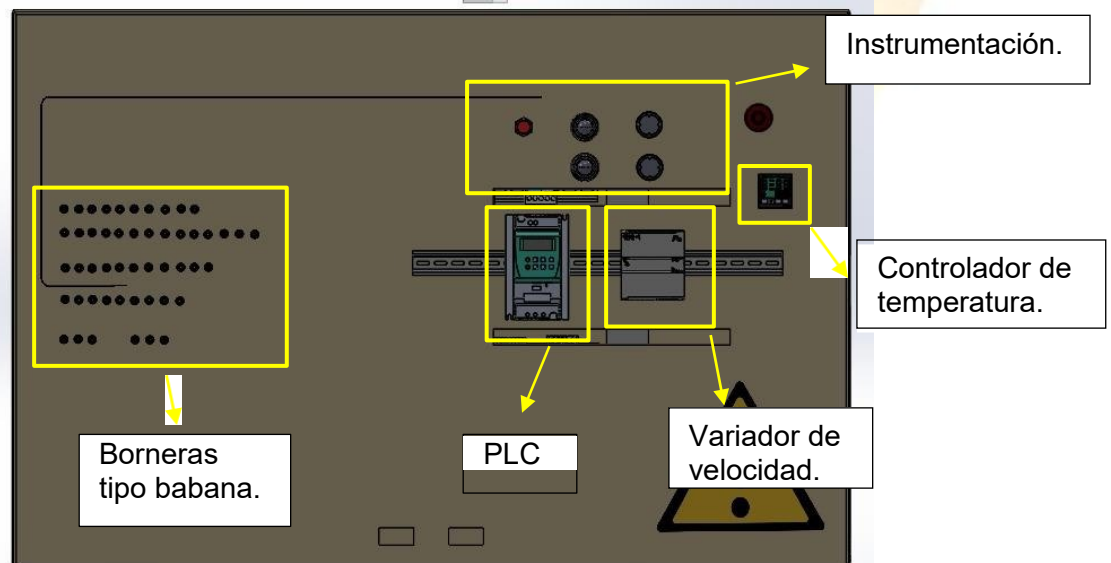
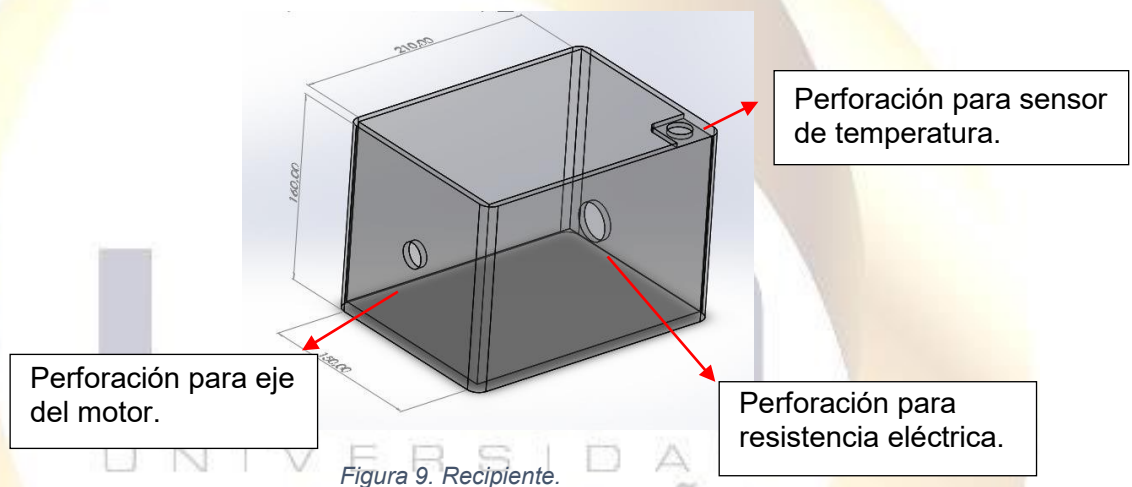


Figura 8. Vista frontal del tablero.

## 7. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA VARIABLE

El sistema de carga variable este compuesto por los siguientes elementos: recipiente, resistencia eléctrica, sensor de temperatura, fluido de trabajo y motor eléctrico. A continuación, se describe como debe ser acoplado cada elemento dentro del sistema.

1. El recipiente debe estar preparado con las perforaciones correspondientes (figura 9.) a los instrumentos que van acoplados en él. Las dimensiones de estas perforaciones están directamente relacionadas con los instrumentos que sean adquiridos para la puesta en marcha del banco de prácticas.



2. Con las perforaciones realizadas se debe proceder a la instalación de cada uno de los elementos del sistema, teniendo en cuenta la hermeticidad que debe tener el recipiente para esto se recomienda el uso de empaques, oring o sellos en cada uno de los dispositivos.
3. Con todos los instrumentos debidamente instalados se debe obtener un resultado como se observa en la figura 10.

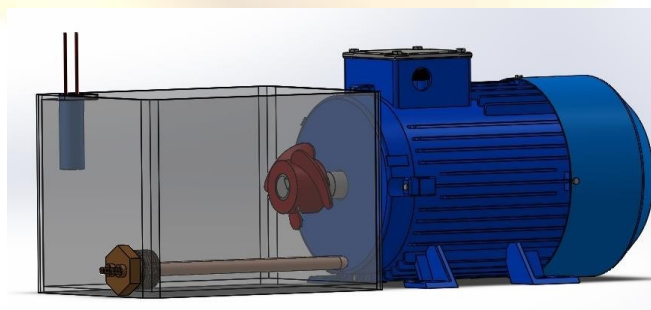


Figura 10. Sistema de carga variable.



4. Antes de ingresar los fluidos de trabajo al recipiente se recomienda realizar una prueba de hermeticidad del recipiente con el fin de detectar posibles fugas o escapes del sistema, esta prueba se puede realizar con agua.
5. Realizar la conexión eléctrica del motor con los cables provenientes del tablero a sus respectivas terminales.

## 8. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO

1. Inicialmente se debe realizar una inspección visual de todos los elementos que componen el banco de prácticas (instrumentación, autómatas, tablero eléctrico, sistema de carga variable, cableado) con el fin de detectar conexiones deficientes o elementos en mal estado. Si se detecta una anomalía se debe corregir de inmediato.
2. Se debe verificar que los instrumentos de protección como breaker y guardamotor se encuentren en posición **OFF**. Además, se debe verificar que no exista ningún corto-circuito en los terminales de los elementos de protección.
3. Con ayuda de un multímetro digital y los planos eléctricos del Anexo 1 se debe realizar la verificación del cableado existente en el tablero eléctrico, esto se realiza ubicando el multímetro en la función de **continuidad** y ejecutando la comprobación en los bornes de cada elemento según indique el plano eléctrico. **Este procedimiento se debe realizar con la totalidad de las conexiones existentes** y de forma organizada siguiendo los planos correspondientes.
4. En la fuente trifásica de alimentación se debe verificar que exista un voltaje de 220 V ac entre las líneas (L1-L2, L1-L3, L2-L3) y un voltaje de 120 V ac entre las líneas y la referencia de neutro (L1-N, L2-N, L3-N).
5. Se debe realizar la apertura del circuito de alimentación, es decir que **no exista tensión en el cableado a manipular**.
6. Realizar las conexiones eléctricas entre la fuente de alimentación trifásica y las bornas de alimentación del banco de prácticas, como se indica a continuación:

Fuente de alimentación	Borna X0 (Banco de prácticas)
L1	3
L2	6

L3	9
N	13
Tierra	17

Tabla 2. Puntos de conexión.

- Finalizadas las conexiones se debe cerrar nuevamente el circuito de alimentación proveniente de la fuente. Con el multímetro digital se debe verificar que exista tensión de 220 V ac entre los bornes de alimentación (Borna X0) del tablero.
- Se deben realizar las siguientes comprobaciones y diligenciar la lista de verificación de alimentación AC.

Marque con un **X** según corresponda

Ítem a verificar	SI	NO
El guardamotor Q0 se encuentra en posición OFF.		
Los breakeres de protección Q2, Q3, Q4 se encuentran en posición OFF.		
Se verifico que no existe corto- circuito en los terminales del breaker de protección.		
Existe tensión alterna de 220 V entre los bornes X0:1-4, X0:1-7 y X0:4-7.		
Existe tensión alterna de 120 V entre los bornes X0:1-10, X0:4-10 y X0:7-10.		
Se verifico la conexión a tierra del banco de prácticas.		

Tabla 3. Lista de verificación alimentación AC.

**Nota: Si en alguno de los ítems de la lista de verificación la respuesta fue NO se debe realizar la correspondiente revisión y corrección. No se debe continuar con el proceso de puesta en servicio hasta que se corrija la anomalía detectada.**

- Finalizada la lista de verificación de alimentación AC, se puede proceder a la energización el banco de prácticas, para lo cual se debe cambiar a posición **ON** los breaker de protección Q2, Q3, Q4.
- En el PLC Siemens S7-1200 se debe verificar que el led frontal *RUN/ STOP* este encendido como se muestra en la figura 11.



Figura 11. PLC Siemens S7-1200.

11. En el variador de velocidad Siemens G110 se debe verificar que encienda el display frontal (Figura 12).



Figura 12. Panel frontal variador de velocidad.

12. Se debe verificar el encendido del display del controlador de temperatura.



Figura 13. Controlador de temperatura.

13. Una vez energizado el PLC se debe verificar la operatividad de su fuente de tensión DC a 24V, con la siguiente lista de verificación.

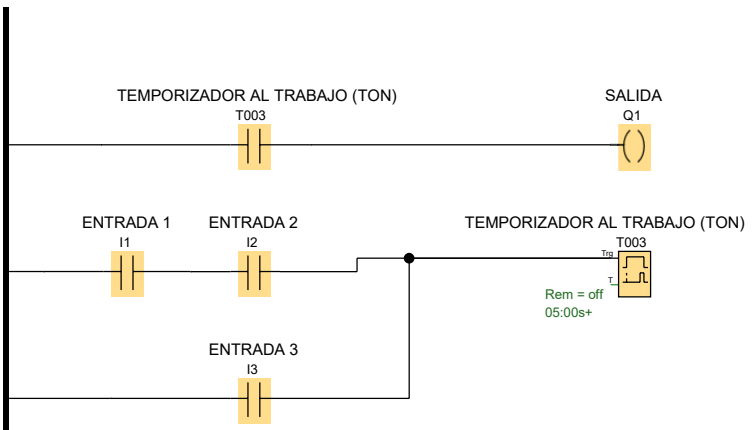
Marque con un **X** según corresponda

Ítem a verificar	SI	NO
El PLC este encendido.		
Existe tensión de 24 V DC en los bornes X5: 4-12, siendo X5:4 (+) y X5:12 (-).		
Existe tensión de 24 V DC en los cada uno de los bornes X5: 12, 13, y 14 Tomando como referencia (-) X5:12		
Existe tensión de 24 V DC en los cada uno de los bornes X5: 5, 6, 7, 8, 9,10 y11. Tomando como referencia (+) X5:5		

*Tabla 4. Lista de verificación alimentación DC.*

**Nota: Si en alguno de los ítems de la lista de verificación la respuesta fue NO se debe realizar la correspondiente revisión y corrección. No se debe continuar con el proceso de puesta en servicio hasta que se corrija la anomalía detectada.**

14. Si las listas de verificación de alimentación AC y DC fueron culminadas con éxito se determina que el banco está operativo y apto para su uso.

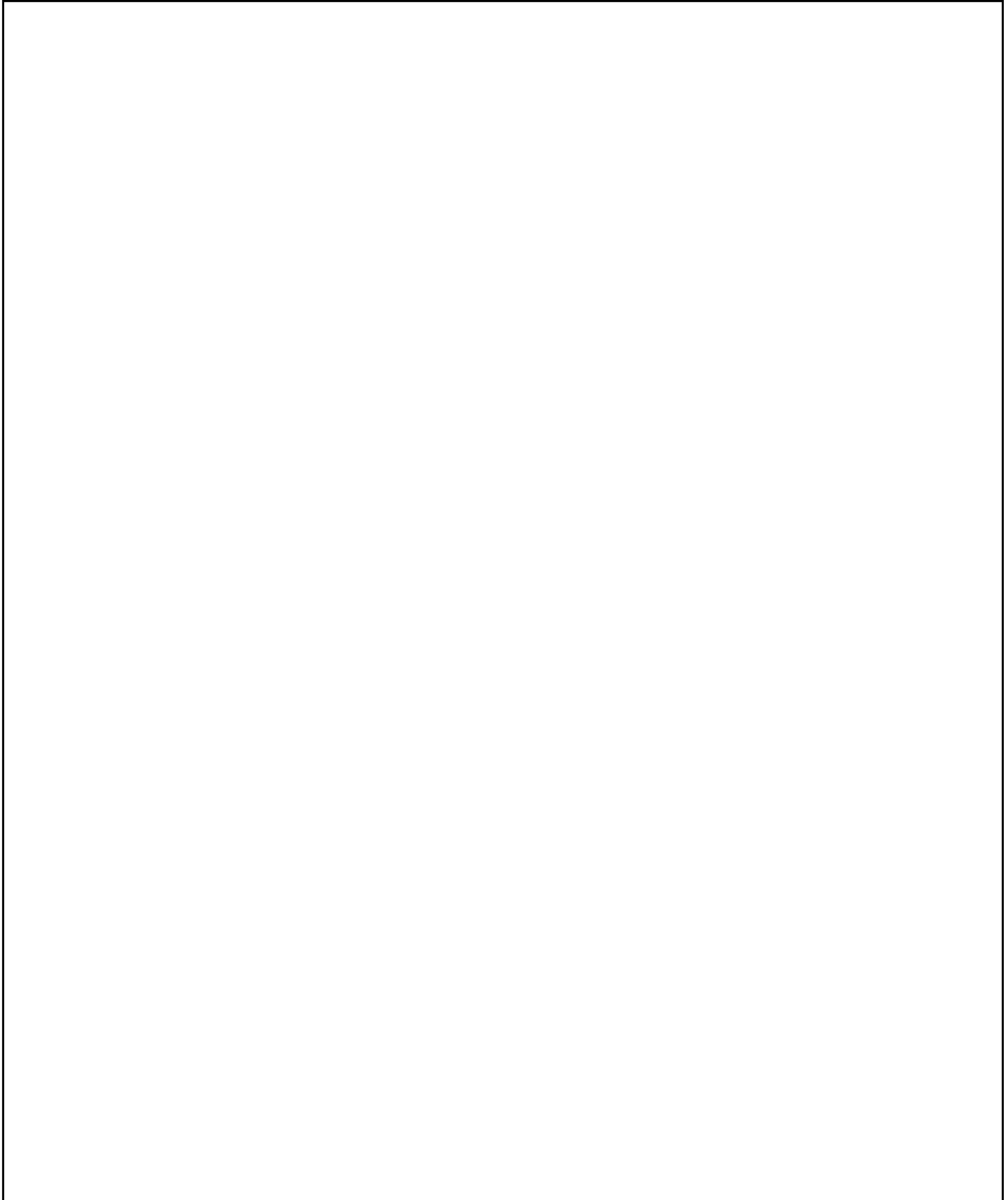


Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y DISEÑO DE	Cliente:	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G1
Fecha de creación/modificación:	4/10/20 23:17/4/10/20 23:17	archivo:	Punto 1 Guia 1.Ild	Página:	1 / 3

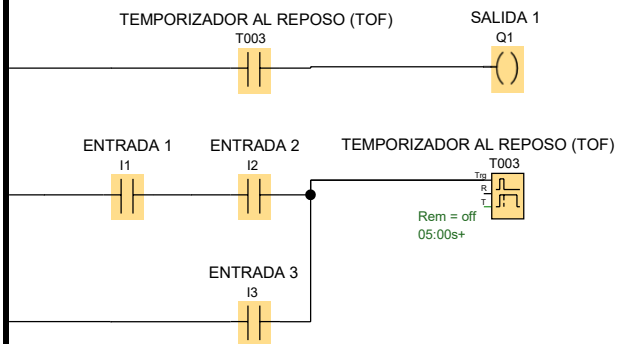
Número de bloque (tipo)	Parámetro
I1(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 1	
I2(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 2	
I3(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 3	
Q1(Bobina) : SALIDA	
T003(Contacto normalmente abierto) : TEMPORIZADOR AL TRABAJO (TON)	
T003(Retardo a la conexión) : TEMPORIZADOR AL TRABAJO (TON)	Rem = off 05:00s+

Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y	Cliente:	UNIVERSIDAD ANTONIO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G1
Fecha de creación/modificación:	4/10/2023:17/4/10/20 23:17	archivo:	Punto 1 Guia 1.1ld	Página:	2 / 3

Conector	Rotulación
I1	
I2	
I3	
Q1	



Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y	Cliente:	UNIVERSIDAD ANTONIO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G1
Fecha de creación/modificación:	4/10/2023:17/4/10/20 23:17	archivo:	Punto 1 Guia 1.1ld	Página:	3 / 3



Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y DISEÑO DE	Ciente:	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G2
Fecha de creación/modificación:	5/10/20 0:00/5/10/20 0:00	archivo:	Punto 2 Guia 1.Ild	Página:	1 / 3



Número de bloque (tipo)	Parámetro
I1(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 1	
I2(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 2	
I3(Contacto normalmente abierto) : ENTRADA 3	
Q1(Bobina) : SALIDA 1	
T003(Contacto normalmente abierto) : TEMPORIZADOR AL REPOSO (TOF)	
T003(Retardo a la desconexión) : TEMPORIZADOR AL REPOSO (TOF)	Rem = off 05:00s+

Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y	Cliente:	UNIVERSIDAD ANTONIO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G2
Fecha de creación/mod	15/10/20 0:00/5/10/20 0:00	archivo:	Punto 2 Guia 1.1ld	Página:	2 / 3

Conector	Rotulación
I1	
I2	
I3	
Q1	

Autor:	NICOLAS HERNANDEZ - SERGIO NOVOA	Proyecto:	INGENIERIA CONCEPTUAL Y	Cliente:	UNIVERSIDAD ANTONIO
Comprobado:	JULIAN PAREJA	Instalación:	INGENIERIA CONCEPTUAL	Nº diagrama:	G2
Fecha de creación/modificación:	15/10/20 0:00/5/10/20 0:00	archivo:	Punto 2 Guia 1.1ld	Página:	3 / 3