

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **ELABORACIÓN DE 6 MÓDULOS DE BAJA TENSIÓN PARA EL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – ESFOT**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**Carlos Gustavo Andrade Lescano**

carlos.andrade04@epn.edu.ec

**Byron Gustavo Escorza Guaranda**

byron.escorza@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. ALEX FABRICIO OÑA ÑACATA, MSC.**

alex.ona@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.**

carlos.romo@epn.edu.ec

**Quito, julio 2021**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Andrade Lescano Carlos Gustavo y el Sr Escorza Guaranda Byron Gustavo como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



---

**Ing. Alex Fabricio Oña  
Ñacata, MSc.**

DIRECTOR DEL PROYECTO

---

**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera,  
MSc.**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotros Andrade Lescano Carlos Gustavo con CI: 172328830-2 y Escorza Guaranda Byron Gustavo con CI: 172683418-5 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



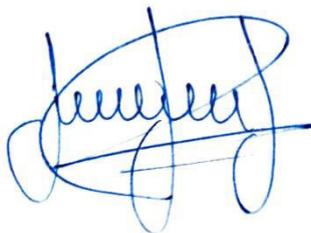
---

**Andrade Lescano Carlos Gustavo**

CI: 172328830-2

Teléfono: 0984384089

Correo: carlos.andrade04@epn.edu.ec



---

**Escorza Guaranda Byron Gustavo**

CI: 172683418-5

Teléfono: 0939162250

Correo: byron.escorza@epn.edu.ec

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi madre, Lorena, quien con su sabio conocimiento y experiencia me supo guiar para lograr cada uno de mis objetivos, con esfuerzo y dedicación, pero sobre todo con su apoyo incondicional en cada etapa a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi abuelito, Wilson, porque es más que un padre para mí, aquel que siempre confió en mí e impartió valores y virtudes que me han enseñado a formarme como una excelente profesional.

A mi abuelita Nelly, porque desde niño me ha acompañado incondicionalmente hasta el día de hoy.

Carlos

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Lorena, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor. No es fácil, eso lo sé, pero tal vez si no te tuviera, no habría logrado tantas grandes cosas.

A mis abuelitos Wilson y Nelly, quienes siempre están a mi lado, gracias por ese apoyo incondicional y por enseñarme a perseverar en la vida.

A mis compañeros, con quienes he compartido momentos gratos de mi vida estudiantil.

A la Escuela Politécnica Nacional, quien me ha nutrido de conocimientos y valores.

Carlos

# DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, quienes con su ejemplo supieron guiarme de la mejor manera y a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi gran apoyo emocional en todo momento.

A mis hermanos quienes me apoyan en cualquier situación que me encuentre.

A mi sobrina quien alegra mis días con sus travesuras.

Byron

# **AGRADECIMIENTO**

A mis padres quienes en toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, ellos han sido un gran ejemplo para mí y mis hermanos, sin ellos no habría podido llegar a este punto de mi vida.

A mis hermanos por ser mi compañía, mi apoyo y mi fuerza para seguir esforzándome.

A mi sobrina quien me alegra la vida y me brinda momentos de tranquilidad y felicidad.

A mis amigos con quienes compartí los mejores momentos de mi vida universitaria.

A mis profesores quienes me brindaron su conocimiento y tolerancia.

Byron

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
2	Metodología.....	3
2.1	Descripción de la metodología usada .....	3
3	Resultados y Discusión.....	4
3.1	Requerimientos del sistema .....	4
3.2	Dimensionamiento y selección .....	7
	Protecciones eléctricas .....	7
	Selección del conductor eléctrico .....	12
3.3	Diseño de módulos .....	13
	Diseño de la cara principal y cara secundaria.....	13
	Diagrama de conexiones .....	15
3.4	Implementación de los módulos.....	16
	Adquisición de materiales .....	16
	Construcción de la estructura .....	17
	Diseño del adhesivo.....	18
	Preparación del adhesivo .....	20
	Colocación y conexión de dispositivos .....	21
3.5	Pruebas de funcionamiento de los módulos .....	24
	Prueba de continuidad. ....	24
	Prueba de voltajes de salida.....	25
	Pruebas de accionamiento y reacción de las protecciones.....	26
	Prueba de funcionamiento con carga.....	28
3.6	Elaboración de un manual de usuario.....	29
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	31
4.1	Conclusiones.....	31

4.2	Recomendaciones .....	32
5	Referencias Bibliográficas .....	33
	ANEXOS .....	I
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento .....	II
	Anexo 2: Distribución de las mesas de trabajo.....	IV
	Anexo 3: Distribución de los módulos en las mesas de trabajo .....	vi
	Anexo 4: Diseño de la cara principal .....	viii
	Anexo 5: Diseño de la cara secundaria .....	x
	Anexo 6: Diagrama unifilar .....	xii
	Anexo 7: Diseño del adhesivo frontal .....	xiv
	Anexo 8: Diseño del adhesivo lateral.....	xvi
	Anexo 9: Manual de mantenimiento.....	xviii

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b>	Reconocimiento de la infraestructura. ....	5
<b>Figura 3.2</b>	Dimensiones del mesón de las mesas de trabajo en el aula 33.....	5
<b>Figura 3.3</b>	Distribución de los módulos en las mesas de trabajo. ....	6
<b>Figura 3.4</b>	Distribución del módulo.....	7
<b>Figura 3.5</b>	Interruptor termomagnético riel 3P-16 (A).....	8
<b>Figura 3.6</b>	Interruptor termomagnético riel 3P-6 (A).....	9
<b>Figura 3.7</b>	Interruptor termomagnético riel 1P-6 (A).....	10
<b>Figura 3.8</b>	Fuente de 12 (V <sub>DC</sub> ) 5 (A).....	11
<b>Figura 3.9</b>	Tablero de melamina.....	13
<b>Figura 3.10</b>	Diseño de la estructura cara principal. ....	14
<b>Figura 3.11</b>	Diseño de la estructura cara secundaria. ....	15
<b>Figura 3.12</b>	Diagrama unifilar. ....	16
<b>Figura 3.13</b>	Construcción de la estructura de los módulos. ....	18
<b>Figura 3.14</b>	Perforaciones para los dispositivos. ....	18
<b>Figura 3.15</b>	Adhesivo cara principal.....	19
<b>Figura 3.16</b>	Adhesivo cara secundaria.....	19
<b>Figura 3.17</b>	Preparación del adhesivo frontal. ....	20
<b>Figura 3.18</b>	Preparación del adhesivo lateral. ....	20
<b>Figura 3.19</b>	Colocación de adhesivo y dispositivos vista frontal. ....	21
<b>Figura 3.20</b>	Colocación de adhesivo y dispositivos vista lateral. ....	21
<b>Figura 3.21</b>	Conexión de dispositivos. ....	22
<b>Figura 3.22</b>	Módulo de alimentación.....	23
<b>Figura 3.23</b>	Módulo de alimentación.....	23
<b>Figura 3.24</b>	Prueba de continuidad. ....	24
<b>Figura 3.25</b>	Prueba de voltaje de salida.....	25
<b>Figura 3.26</b>	Prueba de cortocircuito. ....	27
<b>Figura 3.27</b>	Prueba del módulo con carga.....	28
<b>Figura 3.28</b>	Medición de corriente eléctrica.....	29
<b>Figura 3.29</b>	QR video del manual de usuario. ....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Características interruptor termomagnético riel 3P-16 (A) .....	8
<b>Tabla 3.2</b> Características del interruptor termomagnético riel 3P-66 (A) .....	9
<b>Tabla 3.3</b> Características interruptor termomagnético riel 1P-6 (A) .....	10
<b>Tabla 3.4</b> Características de la fuente de 12 (V <sub>DC</sub> ) 5 (A). .....	11
<b>Tabla 3.5</b> Características del fusible.....	11
<b>Tabla 3.6</b> Características del conductor eléctrico .....	12
<b>Tabla 3.7</b> Lista de elementos eléctricos .....	12
<b>Tabla 3.8</b> Presupuesto de materiales.....	16
<b>Tabla 3.9</b> Resultados de prueba de continuidad.....	24
<b>Tabla 3.10</b> Medición de voltajes en borneras.....	25
<b>Tabla 3.11</b> Medición de voltajes en tomacorrientes.....	26
<b>Tabla 3.12</b> Resultados accionamiento manual. ....	26
<b>Tabla 3.13</b> Resultados prueba reacción frente a cortocircuito.....	27
<b>Tabla 3.14</b> Resultados de la medición de intensidad de corriente. ....	29

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación, “ELABORACIÓN DE 6 MÓDULOS DE BAJA TENSIÓN PARA EL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – ESFOT (AULA 33)”, servirá para brindar alimentación monofásica y trifásica en cada mesa de trabajo del laboratorio de instalaciones eléctricas de la ESFOT.

El proyecto permite brindar un acceso cómodo y seguro para los distintos usos que se harán dentro de las prácticas de laboratorio, además, consta de cuatro secciones, que se resumen a continuación.

La primera sección contiene la introducción y características del proyecto, además del planteamiento del problema, que parte de la necesidad de brindar alimentación monofásica y trifásica en cada mesa de trabajo del laboratorio de instalaciones eléctricas; asimismo, se encuentra la justificación, en la cual señala la razón del por qué y para qué se implementa el proyecto y los objetivos que se refieren a la asignación de las tareas.

La sección dos describe la metodología empleada para el desarrollo del proyecto y expone las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos, utilizando técnicas e instrumentos en la ejecución de estos.

La sección tres detalla el análisis de resultados e indica el diseño y construcción de los módulos, la implementación en las mesas de trabajo, ejecución de pruebas de funcionamiento en cada uno de los módulos y los resultados obtenidos de dichas pruebas.

La última sección redacta los resultados obtenidos, así como también recomendaciones útiles para el uso de los módulos o futuros proyectos similares.

**PALABRAS CLAVE:** Módulo de alimentación, protección eléctrica, baja tensión, alimentación trifásica.

## **ABSTRACT**

This degree project, "ELABORATION OF 6 LOW VOLTAGE MODULES FOR THE LABORATORY OF ELECTRICAL INSTALLATIONS - ESFOT (CLASSROOM 33)", will serve to provide single-phase and three-phase power at each table in the ESFOT electrical installations laboratory.

The project allows providing comfortable and safe access for the different uses that will be made within laboratory practices, in addition, it consists of four chapters, which is summarized below.

The first section contains the introduction and characteristics of the project, in addition to the problem statement, that part of the need to provide single-phase and three-phase power at each worktable in the electrical installations laboratory; specifically, there is the justification, which indicates the reason why and for what the project is implemented and the objectives that are defined for the assignment of tasks.

Section two describes the methodology used for the development of the project and expose the activities that were necessary for the achievement of the objectives, the use of techniques and instruments in its execution.

Section three details the analysis of results and indicates the design and construction of the modules, the implementation in the worktables, execution of functional tests in each of the modules and the results obtained from said tests.

The last section writes the results obtained, as well as useful recommendations for the use of the modules or future similar projects.

**KEYWORDS:** Power module, electrical protection, low voltage, three-phase power.

# 1 INTRODUCCIÓN

La Escuela de Formación de Tecnólogos ESFOT esta provista de un laboratorio de instalaciones eléctricas, en donde se ejecutan prácticas de laboratorio que profundizan el conocimiento de las asignaturas tales como: Instalaciones de Media y Baja Tensión (TEMR344), Electricidad (TEMR236) y Fundamentos de Máquinas Eléctricas (TEMR333) [1].

El laboratorio cuenta con 6 mesas de trabajo, en las cuales no se tenían a disposición las instalaciones eléctricas adecuadas, puesto que, solo se tenía un tomacorriente doble de 110 (V<sub>AC</sub>) en cada mesa trabajo. Por lo que, siendo importante la implementación de circuitos aplicando tensión monofásica y trifásica, es necesario un sistema de alimentación en cada mesa de trabajo.

Dadas las circunstancias en las que se encontraban las mesas de trabajo y de acuerdo a normativa en instalaciones eléctricas, se exige brindar un diseño eléctrico seguro, confiable, eficiente, y bajo normativa (NEC 11, Capítulo 15) la cual impone condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Bajo Voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas [2].

Por tal motivo, a través de este proyecto se construyeron seis módulos de baja tensión, que permiten suministrar alimentación eléctrica a cada mesa de trabajo. El módulo cuenta con tres secciones, siendo una sección de alimentación trifásica con neutro para cargas mayores (Potencia), otra sección de alimentación trifásica con neutro para cargas menores (Control) y una sección monofásica, la cual proporcionará una alimentación para cargas menores como cargadores de laptops, celulares, etc.

Tanto la sección de potencia como la sección de control cuentan con tomacorrientes trifásicos, así como también borneras para facilitar conexiones mediante cables a los distintos dispositivos utilizados, además cada módulo cuenta con luces piloto, una de ellas ubicada en la parte frontal a la izquierda indica que el módulo esté energizado si la luz esta encendida, mientras que las luces piloto de la derecha indican si están o no encendidas las fuentes DC, por otra parte la luz piloto de la parte lateral del módulo indica que la sección de elementos varios está energizada.

Adicionalmente, se implantó una alimentación de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>) con el fin de que los estudiantes puedan realizar prácticas con circuitos que requieran alimentación de corriente continua. Esto permitirá a los principales beneficiarios que son docentes y

estudiantes, desarrollar prácticas en cada una de las asignaturas antes mencionadas. Así mismo, el espacio y los módulos podrán ser usados en proyectos de titulación que requieran alimentación eléctrica trifásica.

En el Anexo 1 se adjunta el correspondiente certificado de funcionamiento debidamente legalizado por el director del proyecto de titulación.

### **1.1 Objetivo general**

Elaborar 6 módulos de baja tensión para el Laboratorio de Instalaciones Eléctricas – ESFOT (AULA 33).

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar levantamiento de información de la infraestructura.
- Dimensionar protecciones y elementos eléctricos.
- Diseñar el módulo con su respectivo diagrama de conexiones.
- Implementar módulos de alimentación.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar manual de mantenimiento.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Descripción de la metodología usada**

La primera fase del proyecto partió de realizar una inspección visual del laboratorio de la ESFOT, de forma que se pudo evidenciar la falta de capacidad eléctrica en cada una de las mesas de trabajo. Se registró todo lo observado de tal forma que se pudo conocer las necesidades y requerimientos que tiene el laboratorio en cuanto a alimentación eléctrica. Además, se revisó la infraestructura con el fin de establecer la ubicación de las mesas y la correcta instalación de los módulos.

La segunda fase fue ejecutar un reconocimiento de cada uno de los elementos tales como: interruptores, fusibles, fuentes de voltaje DC, calibre de cable para realizar el diseño respectivo. Así mismo se determinaron las necesidades eléctricas de cada componente en el sistema tomando en cuenta factores como: distancias de conexión, voltajes y corriente de línea. Se realizó el respectivo diseño en AutoCAD teniendo en cuenta los diferentes factores analizados anteriormente.

En la tercera fase se adquirieron los elementos necesarios según el criterio de análisis realizado anteriormente en el diseño. Posteriormente se realizó el montaje y conexiones respectivas de los elementos adquiridos en el módulo en base a normas técnicas y teniendo como guía el plano diseñado anteriormente en AutoCAD.

El montaje respectivo fue realizado tomando en cuenta normas técnicas de instalaciones eléctricas (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), febrero, 2018) y electromecánicas (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2013) dictadas por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

En la cuarta fase se realizaron pruebas y el análisis de resultados, por lo que se procedió con la ayuda de un multímetro a comprobar la continuidad entre los conductores eléctricos, se realizó mediciones de voltajes AC y DC, tanto en los tomacorrientes, como en las borneras empotradas en los módulos, y pruebas de accionamiento de las protecciones. Por último, se comprobaron el funcionamiento de las luces piloto.

Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento de quipos y elementos con el fin de verificar posibles errores. Además, se elaboró un manual de usuario y mantenimiento, en los cuales se definen los lineamientos de cómo utilizar los módulos de alimentación y los tiempos de ejecución para realizar un mantenimiento preventivo.

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se construyeron seis módulos de baja tensión que facilitan la alimentación monofásica y trifásica a los estudiantes en cada una de las mesas de trabajo, disponiendo de tres ramales: de control, de potencia y monofásico. El ramal de control permite conectar dispositivos o elementos que consuman hasta un máximo de 6 (A), mientras que el ramal de potencia permite hasta un máximo de 16 (A). Además de las conexiones trifásicas se dispone de un ramal monofásico para el uso de laptops, cargadores y más dispositivos, que consuman hasta un máximo de 6 (A), a este ramal monofásico también se le sumaron dos fuentes de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>) que permite energizar circuitos electrónicos que consuman hasta un máximo de 5 (A) por fuente. A continuación, se exponen los requerimientos, diseño de planos, selección de dispositivos, pruebas de funcionamiento y manuales de usuario y mantenimiento.

#### **3.1 Requerimientos del sistema**

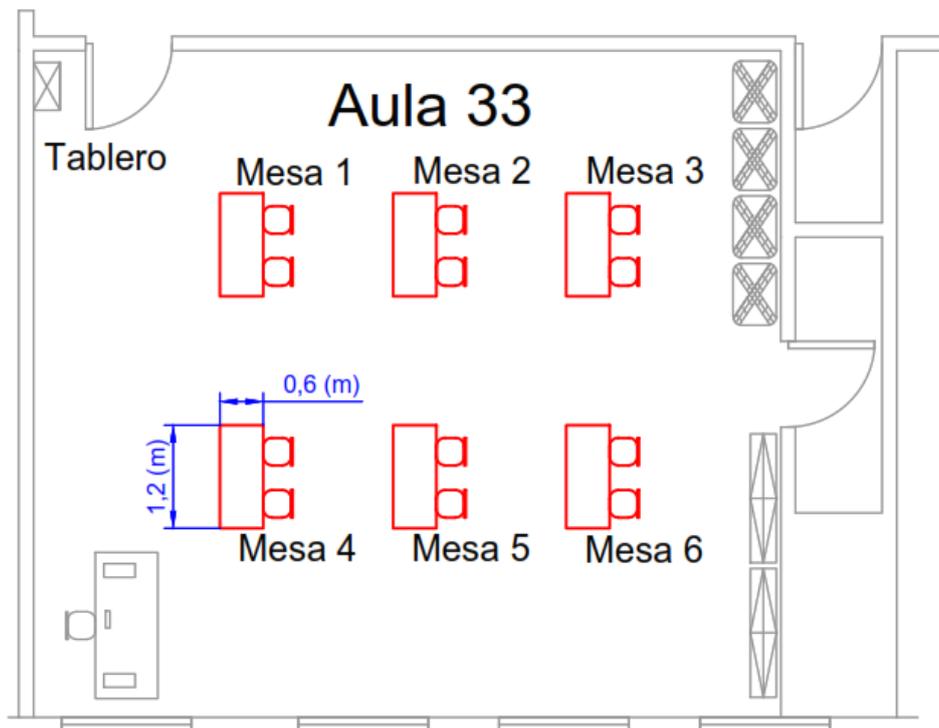
Cabe mencionar que el laboratorio de instalaciones eléctricas que existía en la ESFOT se encontraba en el aula 17, debido al aumento de los estudiantes de la carrera y necesidades de espacios adecuados para las prácticas, el laboratorio se desplazó al aula 33. Debido al requerimiento de una nueva instalación que garantice la seguridad y que cubra los requerimientos, se formó una macro-tesis, dividiendo el proyecto en varios temas, tales como: tablero de distribución, módulos de baja tensión, ventilación y distribución eléctrica, además de la iluminación.

En la Figura 3.1 se aprecia la mesa de trabajo del antiguo laboratorio, la cual carece de un sistema de alimentación trifásica, y solo se disponían de tomacorrientes en mal estado, esto dificultaba la realización de prácticas en dicho espacio.



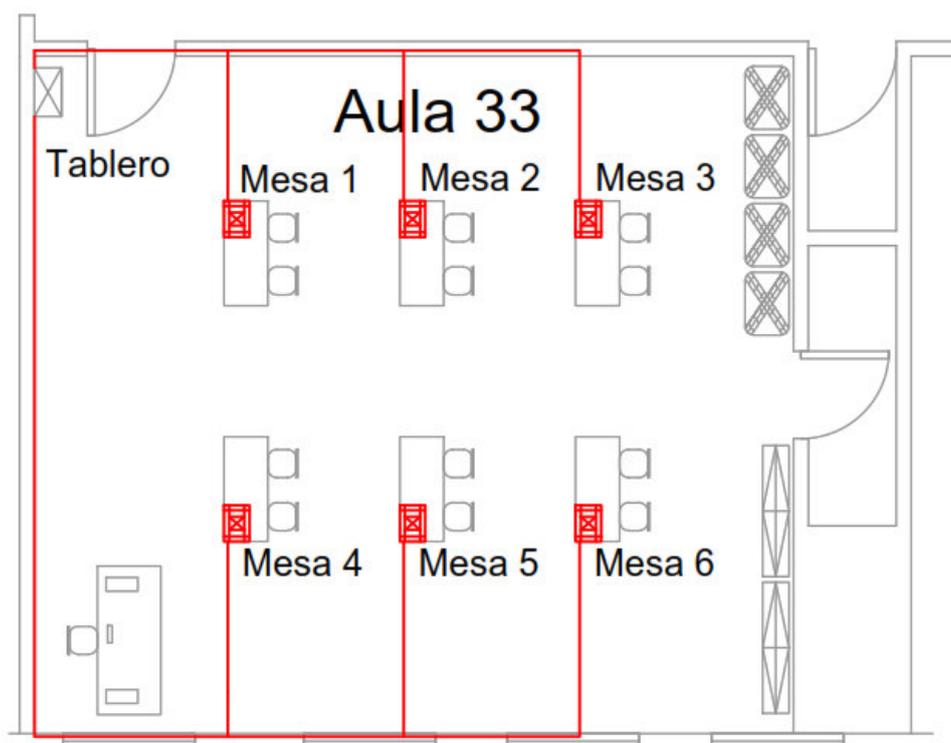
**Figura 3.1** Reconocimiento de la infraestructura.

De acuerdo con el traslado del laboratorio se realizó la movilización principalmente de las mesas de trabajo, así como también, archiveros, anaqueles, maquetas didácticas hechas por los estudiantes, y elementos eléctricos y electrónicos reciclados. En la Figura 3.2 se observa la distribución de las mesas de trabajo, asimismo, se aprecia las dimensiones que tiene el mesón, 0,6 (m) de ancho por 1,2 (m) de largo, mismas que sirvieron para determinar el tamaño del módulo.



**Figura 3.2** Dimensiones del mesón de las mesas de trabajo en el aula 33.

Tomando en cuenta las dimensiones de mesón, se determinó un área de 0,448 (m<sup>2</sup>) para el módulo, es decir 0,415 (m) de largo por 0,290 (m) de ancho por 0,200 (m) de alto, por lo tanto, con estas dimensiones los módulos serán ubicados en las respectivas mesas de trabajo, en la Figura 3.3 se observa que en las mesas 1, 2 y 3 se disponen en la parte lateral derecha del mesón, mientras que en las mesas 4, 5 y 6 están en la parte lateral izquierda. Además, se muestra la acometida de alimentación de cada módulo, la cual parte del tablero de distribución ubicado detrás de la puerta de acceso.



**Figura 3.3** Distribución de los módulos en las mesas de trabajo.

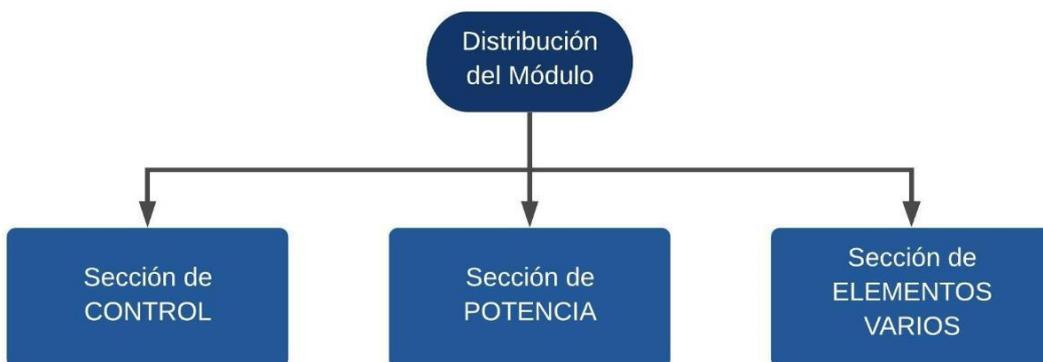
En base a la necesidad de alimentación eléctrica en las mesas de trabajo se han establecido los siguientes requerimientos:

- Alimentación trifásica (4 hilos) y monofásica, tanto en potencia como en control; preciso para la realización de prácticas con máquinas eléctricas como motores y transformadores.
- Cumplimiento de normas técnicas y de seguridad; requisito para garantizar la funcionalidad del módulo.
- Alimentación de 12 (V<sub>DC</sub>); esencial para energizar circuitos electrónicos.

- Protecciones eléctricas; indispensable para salvaguardar la vida útil de los equipos o instalaciones por causa de fallas que podrían iniciarse a raíz de los mismos dispositivos que puedan estar deteriorados o por mala manipulación.
- Luces indicadoras; señalizan los módulos, de manera que permite saber cuándo se encuentran energizados.

### 3.2 Dimensionamiento y selección

Para el dimensionamiento de las protecciones se presenta en tres secciones: potencia, control y elementos varios, como se observa en la Figura 3.4.



**Figura 3.4** Distribución del módulo

#### Protecciones eléctricas

##### Potencia

El apartado de potencia va destinado a dispositivos que consumen mayor cantidad de corriente, tales como: motores, luces, electrobombas, electroválvulas, niquelinas, entre otros, por tal motivo se estima una carga de 2 (HP) equivalente a 1491,4 (W) por módulo.

Para el cálculo correspondiente se hace uso de la fórmula de la potencia eléctrica y se realizó un despeje como se observa en la Ecuación 1.

$$I = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

**Ecuación 1** Fórmula para el cálculo de la corriente eléctrica

Donde:

- P : 1491,4 (W) potencia eléctrica
- V : 110 (V) voltaje
- I : (A) corriente

$\cos\phi$  : 0,9 factor de potencia

Usando la Ecuación 1 se obtiene:

$$I = 15,06(A)$$

Por lo tanto, se asume un consumo promedio de corriente en los dispositivos de 14 – 16 (A) aproximadamente, y se protege el apartado de potencia con un interruptor trifásico de 16 (A) como se indica en la Figura 3.5.



**Figura 3.5** Interruptor termomagnético riel 3P-16 (A) [3].

A continuación, se presenta en la Tabla 3.1 las características más relevantes acerca del interruptor termomagnético designado en la sección de potencia.

**Tabla 3.1** Características interruptor termomagnético riel 3P-16 (A) [3].

Característica	
Corriente nominal	16 (A)
Polos	3P
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Tensión asignada de empleo	220/400 (V) AC 50/60 (Hz)
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 (°C)
Durabilidad mecánica	10000 ciclos
Durabilidad eléctrica	4000 ciclos

### Control

Este apartado va destinado a dispositivos de baja potencia, tales como: controlador Logo Siemens, el PLC (Controlador Lógico Programable), luces piloto, elementos de

maniobra, entre otros, de tal manera que se asume un consumo promedio de 500 (W) de potencia.

Usando la Ecuación 1 se obtiene:

$$I = 5,05 \text{ (A)}$$

Por lo tanto, se asume un consumo promedio de corriente de los equipos de 4 – 6 (A) aproximadamente, y se protege este apartado con un interruptor trifásico de 6 (A) como se observa en la Figura 3.6.



**Figura 3.6** Interruptor termomagnético riel 3P-6 (A) [4].

A continuación, se presenta en la Tabla 3.2 las características más relevantes acerca del interruptor termomagnético designado en la sección de control.

**Tabla 3.2** Características del interruptor termomagnético riel 3P-66 (A) [4].

Característica	
Corriente nominal	6 (A)
Polos	3P
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Tensión asignada de empleo	220/400 (V) AC 50/60 (Hz)
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 (°C)
Durabilidad mecánica	10000 ciclos
Durabilidad eléctrica	4000 ciclos

#### Elementos varios

El apartado de elementos varios va destinado a dispositivos más comunes, tales como: computadores, cargador de laptops, cargador de celulares, altavoces, caudín, proyector,

entre otros dispositivos que los estudiantes suelen utilizar en los laboratorios, estos dispositivos no consumen demasiada corriente por lo que se asume un consumo medio de 4 – 5 (A) aproximadamente, se protege este apartado con un interruptor monofásico de 6 (A) de capacidad como se observa en la Figura 3.7.



**Figura 3.7** Interruptor termomagnético riel 1P-6 (A) [5].

A continuación, se presenta en la Tabla 3.3 las características más relevantes acerca del interruptor termomagnético designado en la sección de elementos varios.

**Tabla 3.3** Características interruptor termomagnético riel 1P-6 (A) [5].

Característica	
Corriente nominal	6 (A)
Polos	1P
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Tensión asignada de empleo	220/400 (V) AC 50/60 (Hz)
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 (°C)
Durabilidad mecánica	10000 ciclos
Durabilidad eléctrica	4000 ciclos

Adicionalmente, se tiene dos fuentes de voltaje DC por módulo, las cuales están siendo protegidas por la protección de la sección de elementos varios. Siendo así, se dispondrá una para 12 (V<sub>DC</sub>) positivo y otra para 12 (V<sub>DC</sub>) negativo, mismas que los estudiantes

podrán utilizar para alimentar circuitos electrónicos, brindando hasta un máximo de 5 (A). En la Figura 3.8 se puede visualizar el modelo de fuente.



**Figura 3.8** Fuente de 12 (V<sub>DC</sub>) 5 (A) [6].

En la Tabla 3.4 se muestran las especificaciones técnicas de la fuente.

**Tabla 3.4** Características de la fuente de 12 (V<sub>DC</sub>) 5 (A).

Característica	
Voltaje de entrada	120 (V <sub>AC</sub> )
Frecuencia	60 (Hz)
Voltaje de salida	12 (V <sub>DC</sub> )
Corriente	5 (A)
Tolerancia de voltaje	± 1.0%

Asimismo, los terminales de salida están protegidos por fusibles, en este caso se limitó a una capacidad de soportar 2 (A) los cuales, son suficientes y actuarán de forma rápida frente a cortocircuitos en dichos circuitos electrónicos. No obstante, si se da la necesidad es posible reemplazar los fusibles por un valor no excedente a los 5 (A), a continuación, en la Tabla 3.5 se encuentran las características principales del fusible.

**Tabla 3.5** Características del fusible [7].

Característica	
Corriente	2 (A)
Voltaje	250 (V)
Clase	F

## Selección del conductor eléctrico

En base a las corrientes calculadas anteriormente, se ha seleccionado un conductor eléctrico de calibre 12 AWG flexible de tipo THHN, mismo que soporta una corriente máxima de 30 (A), a continuación, se presenta en la Tabla 3.6 las características de éste.

**Tabla 3.6** Características del conductor eléctrico [8].

Sigla	Característica
T	Aislamiento en PVC (material termoplástico)
HH	Temperatura máxima del conductor 90 °C
N	Chaqueta de nylon

Cabe mencionar que, la selección de dicho calibre fue porque se pronostica el uso de potencias de hasta un máximo 2 (HP). Éste se usó para la distribución de energía en la sección de potencia, control y elementos varios; a excepción de las fuentes de  $\pm 12$  ( $V_{DC}$ ), en donde se hizo uso del calibre 18 AWG flexible, mismo que soporta aproximadamente 9 (A), mientras que las fuentes suministran un máximo de 5 (A) por lo que es suficiente.

Una vez definida la protección y conductor eléctricos que serán usados en cada sección, en la Tabla 3.7 se presenta un resumen de los elementos previstos que conformarán cada módulo.

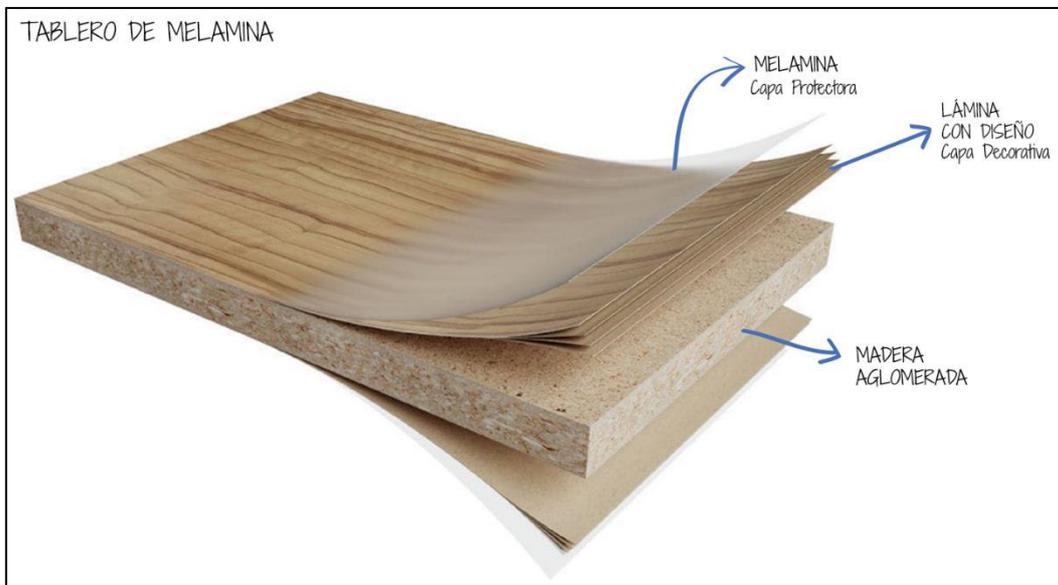
**Tabla 3.7** Lista de elementos eléctricos

Elemento	Cantidad (unidades)
Breaker 3 $\Phi$ 16 (A)	1
Breaker 3 $\Phi$ 6 (A)	1
Breaker 1 $\Phi$ 6 (A)	1
Borneras de Riel	6
Borneras (rojo y negro)	12
Porta Fusible	2
Interruptor	2
Tomacorriente 3 $\Phi$	1
Tomacorriente 1 $\Phi$	1
Paro de emergencia	1

Elemento	Cantidad (unidades)
Fuente de voltaje DC	2
Luz indicadora	4
Cable AWG#12	8 (m)
Cable AWG#18	2,5 (m)

### 3.3 Diseño de módulos

El módulo se construyó en melamina. La melamina es un tablero fabricado de aserrín, el cual es prensado para después pasar por resina melamina, y finalmente se lo cubre con un folio decorativo que le da textura y color al tablero, como se indica en la Figura 3.9 [9].



**Figura 3.9** Tablero de melamina [10].

La selección de este material fue debido a sus propiedades como: dureza, resistencia química, impermeabilidad y resistencia a la alta temperatura.

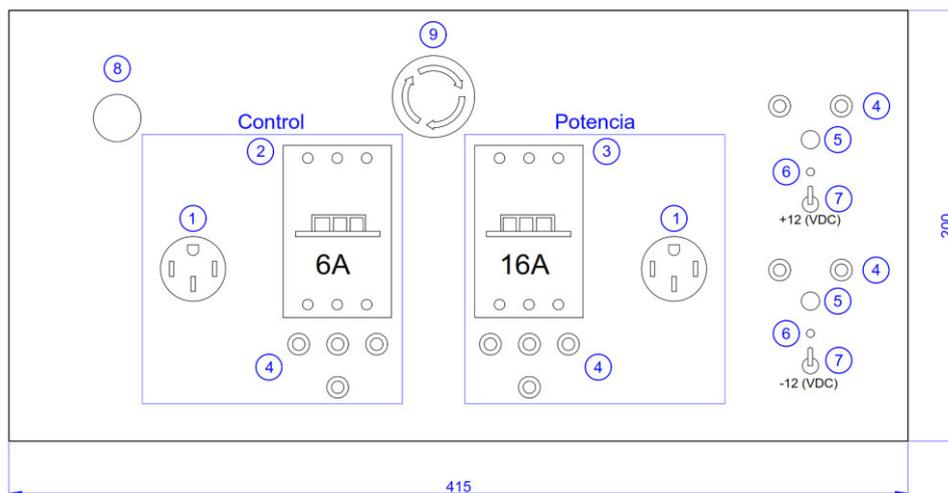
#### **Diseño de la cara principal y cara secundaria**

Para el diseño se tomaron en cuenta tanto las dimensiones del mesón de las mesas de trabajo como las dimensiones de los dispositivos a utilizar en el mismo, ya que en base a estas dimensiones se logra un diseño simple y compacto. Se le considera simple por el hecho de ser interactivo con el estudiante y compacto por tener un tamaño reducido.

### Cara principal

En la Figura 3.10 se presenta el diseño de la cara principal, en base a los requerimientos se determinó colocar en la parte frontal lo siguiente: apartados de control y potencia, y las fuentes de voltaje DC mismas que forman parte del apartado de elementos varios, para así obtener dimensiones de 200 (mm) de alto y 415 (mm) de ancho. A continuación, se listan los elementos correspondientes que conforman la parte frontal:

- 1: Toma corriente trifásico
- 2: Breaker trifásico 6 (A)
- 3: Breaker trifásico 16 (A)
- 4: Borneras de conexión
- 5: Porta fusible 5 (A) máx.
- 6: Luz indicadora
- 7: Interruptor
- 8: Luz piloto
- 9: Pulsador de emergencia



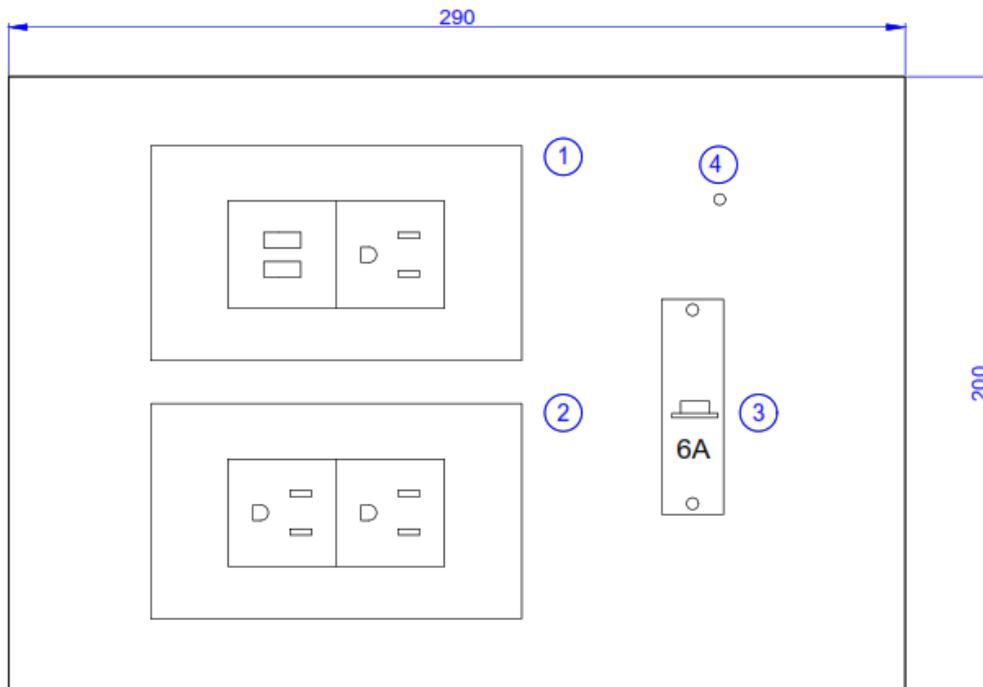
**Figura 3.10** Diseño de la estructura cara principal.

### Cara secundaria

En la Figura 3.11 se presenta el diseño de la cara secundaria la cual, está destinada únicamente para el apartado de elementos varios, se encuentra conformada por:

- 1: Toma corriente simple con puerto de salida USB 5 (V<sub>DC</sub>)

- 2: Toma corriente doble
- 3: Breaker monofásico 6 (A)
- 4: Luz indicadora



**Figura 3.11** Diseño de la estructura cara secundaria.

### Diagrama de conexiones

El diagrama unifilar de conexión se realizó de manera que sea organizado, siendo así de izquierda a derecha se observa la sección de potencia, luego la sección de control, seguido de la sección de elementos varios, lo cual se observa en la Figura 3.12.

La sección de potencia y control tienen dos salidas, las cuales son: el tomacorriente que se hará uso mediante el enchufe respectivo y borneras que se harán uso por medio de conductores que tengan terminales tipo banana u horquilla.

La sección de elementos varios está comprendida por los tomacorrientes, así como también de las fuentes de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>). Cada una de las partes de esta sección tienen una luz indicadora.

Cabe mencionar que también hay una luz indicadora la cual muestra al usuario si el módulo se encuentra energizado.

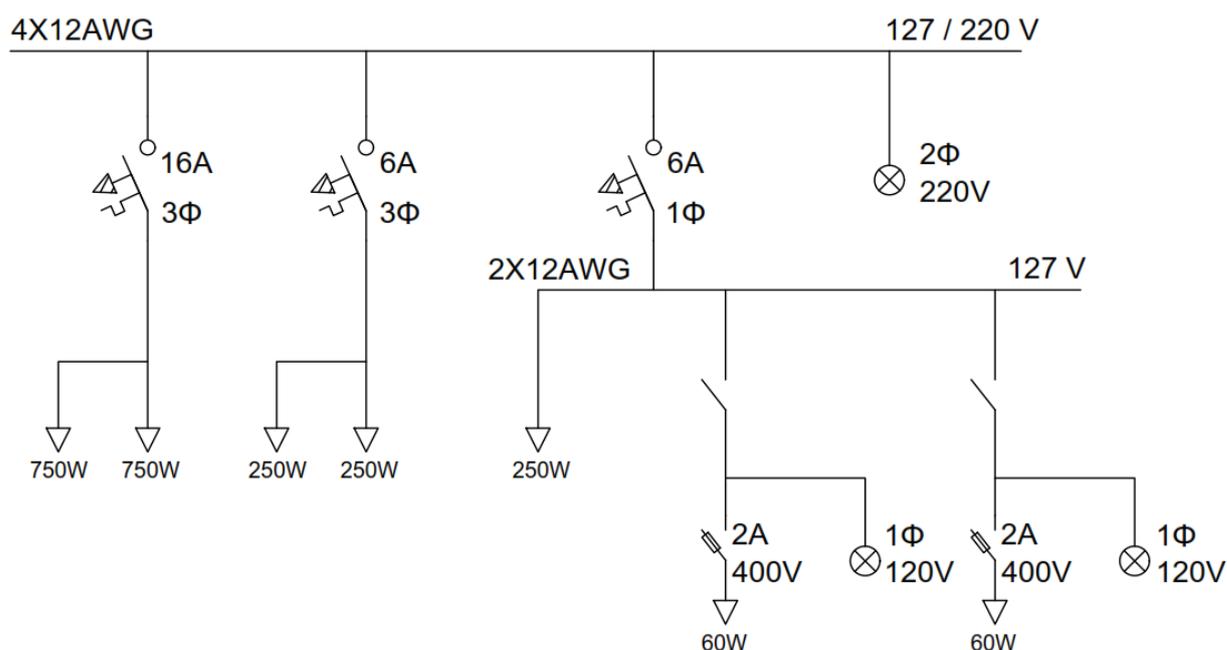


Figura 3.12 Diagrama unifilar.

### 3.4 Implementación de los módulos

#### Adquisición de materiales

La implementación de los módulos de alimentación inicia con la adquisición de los materiales para lo cual, se realizaron varias cotizaciones con el fin de seleccionar el mejor en cuanto a calidad-precio.

En la Tabla 3.8 se presenta cada producto usado para implementación de los 6 módulos de alimentación con su respectivo valor.

Tabla 3.8 Presupuesto de materiales.

Productos	Precio total
12 Fuentes 5 (A) / 12 (V)	\$ 60,00
6 pulsadores hongo C/RET	\$ 22,98
42 borneras para Riel/GRIS	\$ 63,42
6 borneras para Riel/VERDE	\$ 9,06
6 BREAKER P/RIEL 3x16	\$ 97,08
6 BREAKER P/RIEL 3x06	\$ 78,60
6 BREAKER P/RIEL 1x06	\$ 28,80
6 tomas JACK2USB	\$ 59,90

Productos	Precio total
12 tomas trifásicos	\$ 42,00
6 tomas dobles	\$ 11,34
50m CABLE FLEXIBLE 12 AWG	\$ 22,00
6 luces piloto 22 (mm) verde	\$ 7,50
12 interruptores ojo cangrejo	\$ 25,80
12 portafusibles	\$ 4,70
12 fusibles de vidrio 2 (A)	\$ 3,00
18 luces piloto 10 (mm)	\$ 29,34
Riel DIN 1 (m)	\$ 2,23
LEGRAND BARRA puentes metálicos	\$ 5,90
Cinta aislante 6 (m)	\$ 1,80
Caja de bases para correas	\$ 18,00
Funda de terminal tipo ojo amarillo	\$ 16,00
Funda de terminal tipo puntera amarillo	\$ 8,20
Impresión del adhesivo	\$ 20,00
6 cajas de madera melamina	\$ 150,00
72 borneras de conexión	\$ 11,52
2 fundas terminales tipo ojo #12 azul	\$ 16,00
1 funda de amarra de 30 (cm)	\$ 4,90
24 tornillos de madera 3 (pulg)	\$ 2,00
Pega epoxy transparente	\$ 6,00
3 fundas de correas de 10 (cm)	\$ 3,75
<b>TOTAL</b>	<b>\$831,82</b>

La inversión total del proyecto fue de \$ 831,82, lo cual muestra que por cada módulo se invierte un aproximado de \$ 138,63. Una vez adquiridos los materiales se implementaron los mismos.

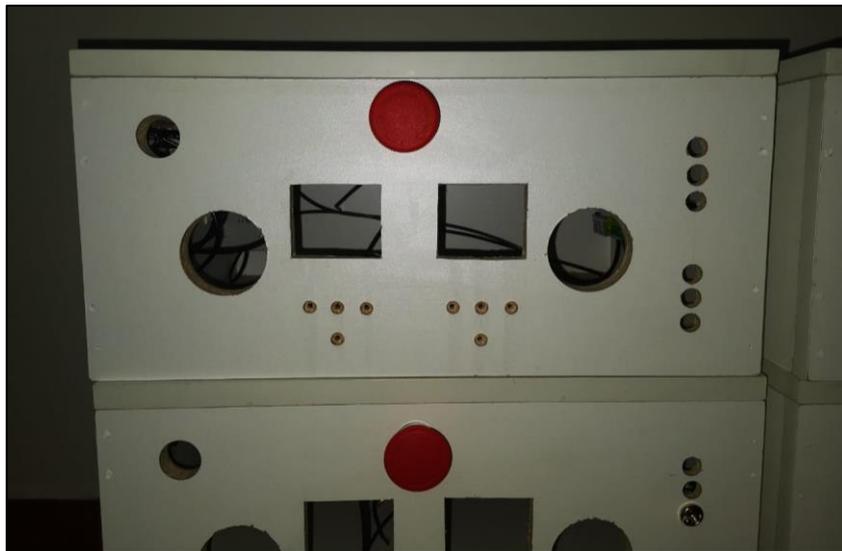
### **Construcción de la estructura**

La construcción de la estructura comienza por realizar cada cara de ésta con el fin de tener simetría, luego se procede a realizar los agujeros correspondientes para cada uno de los dispositivos antes de armar la estructura, como se muestra en la Figura 3.13.



**Figura 3.13** Construcción de la estructura de los módulos.

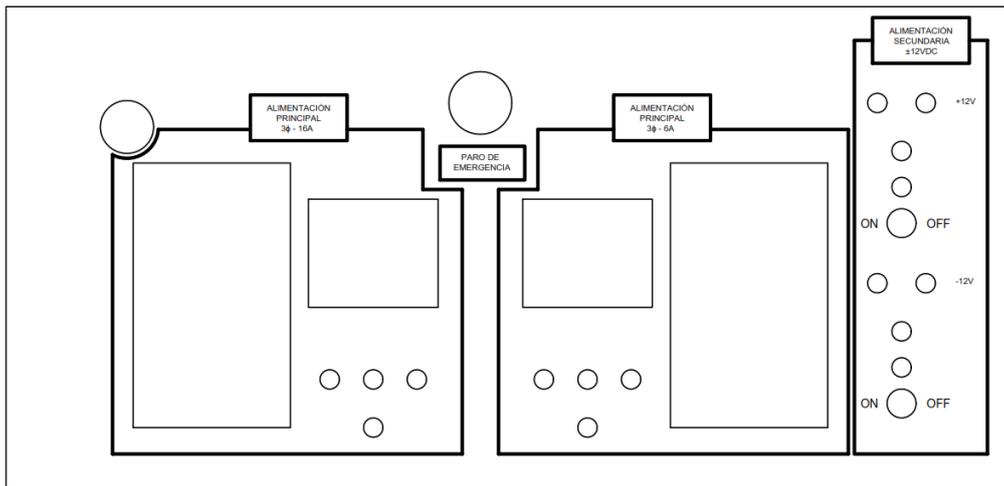
En la Figura 3.14 se puede apreciar la estructura armada y el resultado en cuanto a las perforaciones, las mismas se comprobaron introduciendo cada dispositivo en su respectivo agujero.



**Figura 3.14** Perforaciones para los dispositivos.

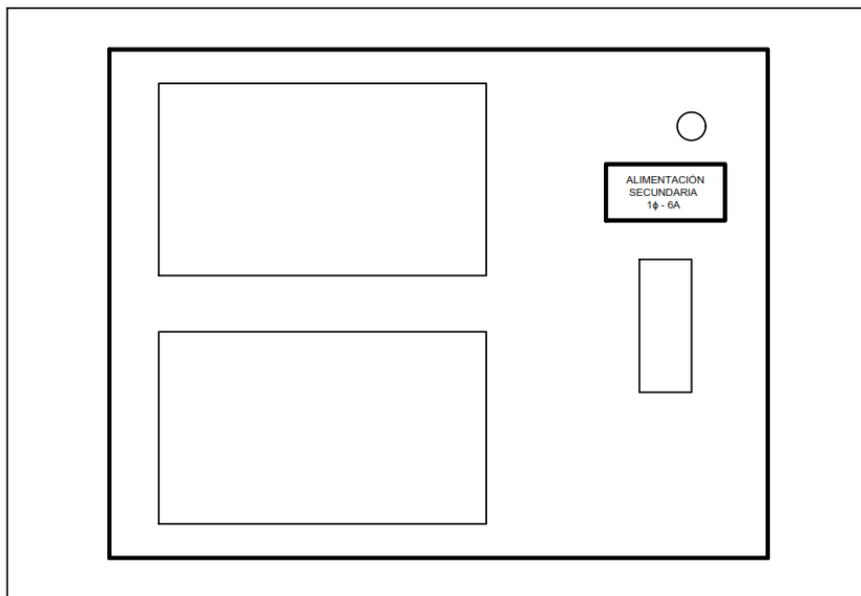
### **Diseño del adhesivo**

Se diseñó el adhesivo como se muestran en la Figura 3.15 y en la Figura 3.16, con la finalidad de mostrar información relevante al usuario sobre el módulo.



**Figura 3.15** Adhesivo cara principal.

En la cara principal se observa de izquierda a derecha la sección de potencia nombrada como “Alimentación principal 16 (A)”, la sección de control nombrada como “Alimentación principal 6 (A)” y también se encuentra el adicional de la sección de elementos varios, siendo así las fuentes de voltaje DC, nombrada como “Alimentación secundaria  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>)”.



**Figura 3.16** Adhesivo cara secundaria.

Mientras que, en la cara secundaria se encuentra la sección de elementos varios nombrada como “Alimentación secundaria 6 (A)”.

## Preparación del adhesivo

El adhesivo antes de colocarlo se tuvo que preparar previamente, es decir realizar cortes en los cuales van insertados los dispositivos eléctricos, en la Figura 3.17 se observa la cara principal con sus respectivas líneas de corte; así mismo, en la Figura 3.18 se aprecia la cara secundaria.

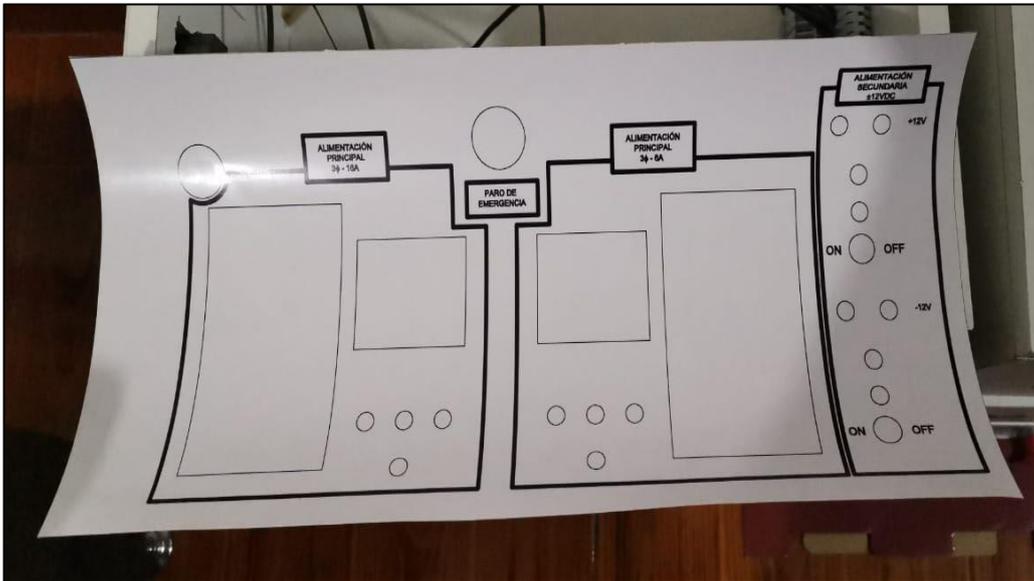


Figura 3.17 Preparación del adhesivo frontal.

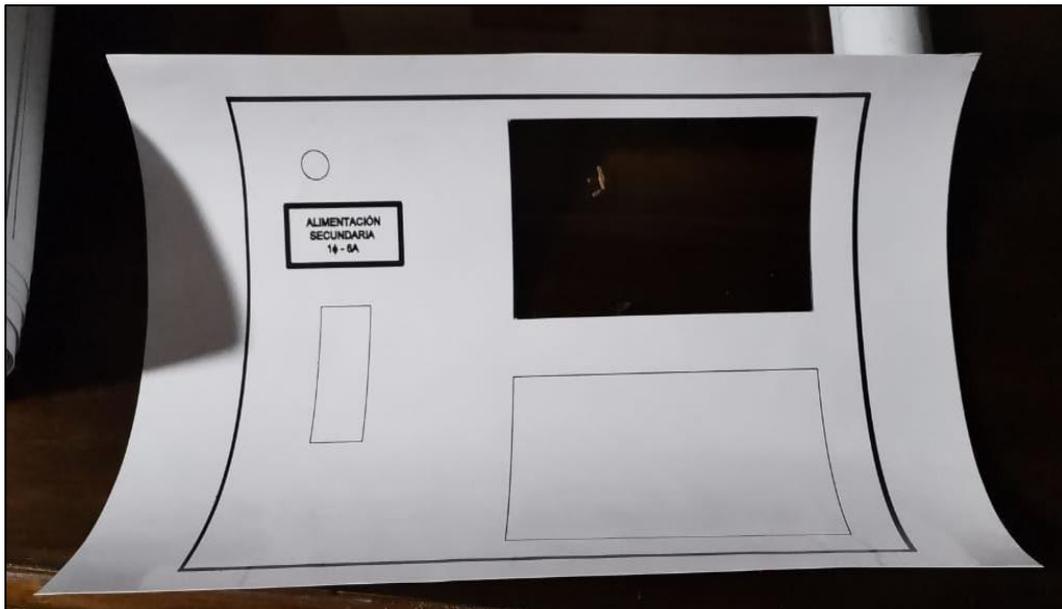


Figura 3.18 Preparación del adhesivo lateral.

## Colocación y conexión de dispositivos

Una vez colocado el adhesivo y los dispositivos como se muestran en la Figura 3.19 y Figura 3.20 se procedió a realizar la conexión, utilizando el diagrama unifilar adjunto en el Anexo 3, en el mismo se indica: la conexión de la alimentación trifásica para la parte de potencia y control; así como también, la alimentación de corriente continua (DC) como se observa en la Figura 3.21.

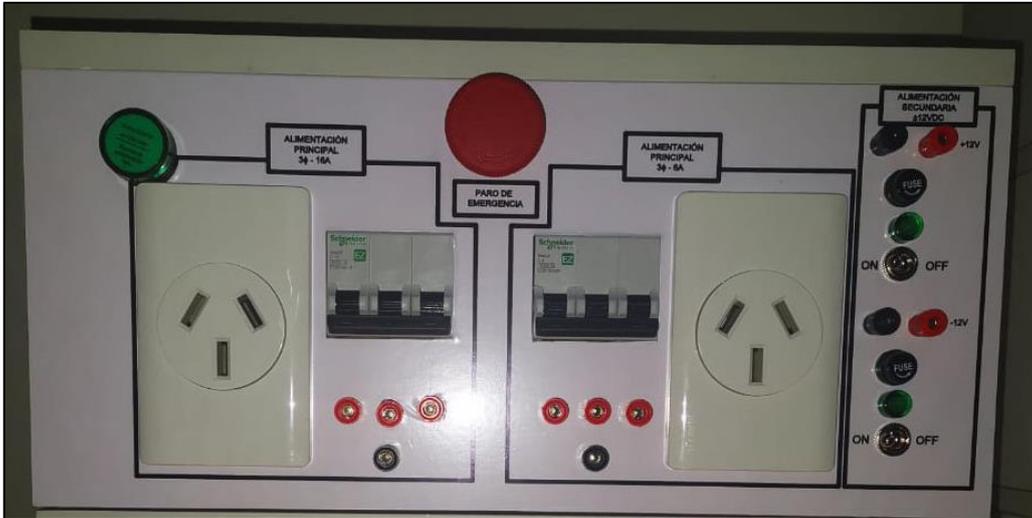
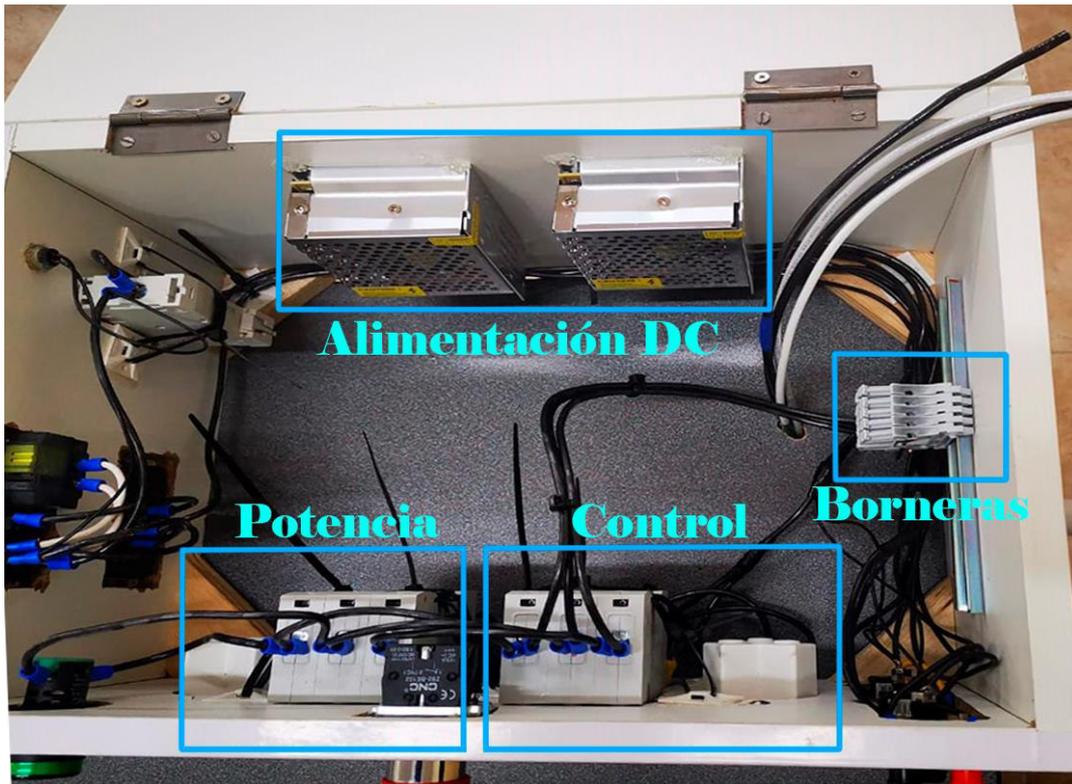


Figura 3.19 Colocación de adhesivo y dispositivos vista frontal.



Figura 3.20 Colocación de adhesivo y dispositivos vista lateral.



**Figura 3.21** Conexión de dispositivos.

Como se observa en la Figura 3.21 la toma de energía se da a partir de las borneras colocadas en el riel DIN con la finalidad de una mejor organización. En la conexión se usaron terminales tipo punta para evitar desgaste en el conductor eléctrico.

Con respecto a la sujeción de los dispositivos, se usaron correas plásticas, las mismas que hacen fuerza contra la pared de la estructura evitando su movimiento.

Finalmente, la Figura 3.22 muestra el módulo instalado en su lugar correspondiente, de igual manera, en la Figura 3.23 se observa los 6 módulos en cada mesa de trabajo.



**Figura 3.22** Módulo de alimentación.

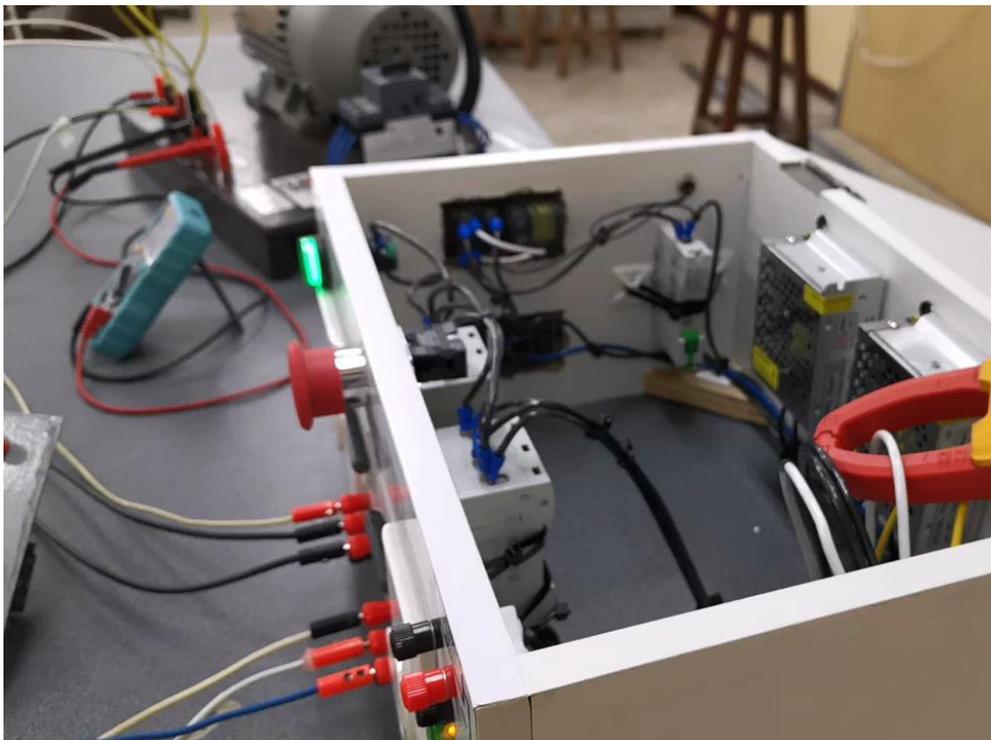


**Figura 3.23** Módulo de alimentación.

### 3.5 Pruebas de funcionamiento de los módulos

#### Prueba de continuidad.

Esta prueba tiene la finalidad de comprobar continuidad en los conductores eléctricos que tiene cada módulo, que pudieran no tener una correcta conexión debido a una posible mala conexión o algún defecto de fábrica, esto se realizó con la ayuda de un multímetro como se observa en la Figura 3.24, seleccionando el modo de medición de resistencia eléctrica y continuidad, se procedió a colocar los terminales del multímetro, uno en las borneras principales y el otro en cada punto del elemento donde debe llegar la fase o el neutro, siendo que, si el multímetro emite un sonido significa que existe continuidad en el conductor, caso contrario existiría algún tipo de problema.



**Figura 3.24** Prueba de continuidad.

Se comprobaron todos los cables existentes en los módulos y se verificó que no existe problema alguno de continuidad en ningún módulo, en la Tabla 3.9 se visualiza el registro que se obtuvo de la prueba.

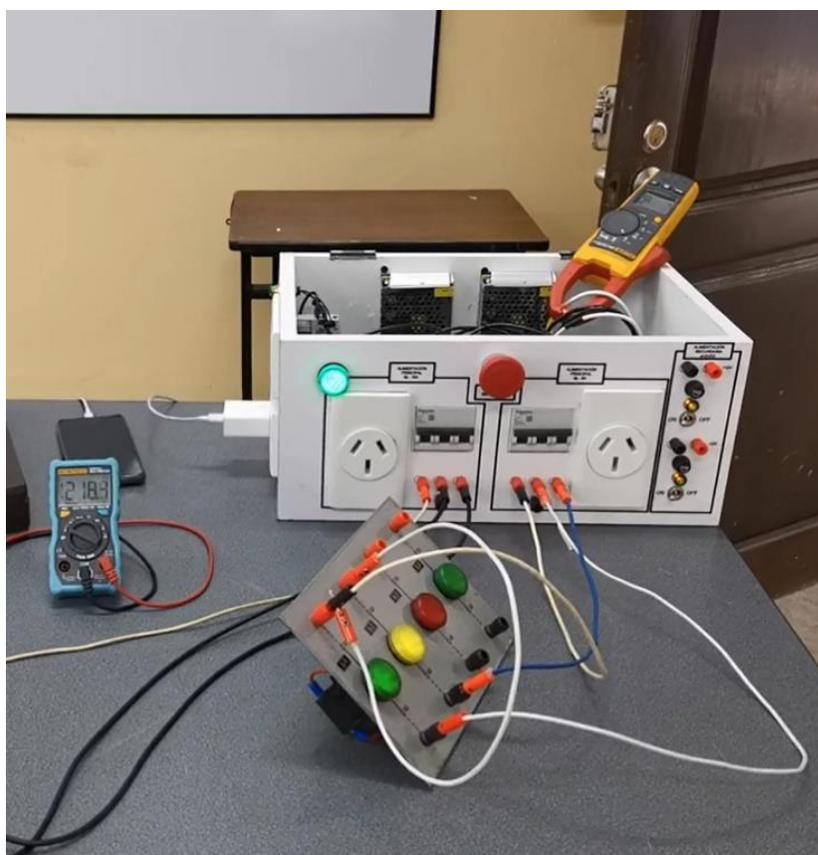
**Tabla 3.9** Resultados de prueba de continuidad.

Mesa #	Sección de potencia	Sección de control	Sección elementos Varios
1	✓	✓	✓

Mesa #	Sección de potencia	Sección de control	Sección elementos Varios
2	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓

### Prueba de voltajes de salida.

Esta prueba se mide voltajes AC y DC, tanto en las borneras como en los tomacorrientes existentes en los módulos, utilizando un multímetro con la finalidad de medir los voltajes de salida de cada uno de los módulos como se muestra en la Figura 3.25.



**Figura 3.25** Prueba de voltaje de salida.

En la Tabla 3.10 se muestran los voltajes medidos en las borneras de la sección de potencia, la sección de control y de las fuentes de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>).

**Tabla 3.10** Medición de voltajes en borneras.

Mesa #	Sección de potencia		Sección de control		Fuentes de 12 (V <sub>DC</sub> )	
	Voltaje de línea (V)	Voltaje de fase (V)	Voltaje de línea (V)	Voltaje de fase (V)	+12 (V <sub>DC</sub> )	-12 (V <sub>DC</sub> )
1	215,4	124,4	215,5	124,4	12,32	-12,41
2	215,3	124,3	215,4	124,2	12,60	-12,20
3	215,2	124,3	215,2	124,2	12,27	-12,19
4	217,4	125,5	217,4	125,7	12,21	-12,38
5	217,9	125,8	217,9	125,8	12,02	-12,22
6	218,1	125,9	218,1	126,0	12,04	-12,00

Así mismo, se procedió a medir los voltajes de salida en los tomacorrientes de la sección de potencia, la sección de control y la sección de elementos varios, obteniendo los resultados que muestra la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11** Medición de voltajes en tomacorrientes.

Mesa #	Sección de potencia	Sección de control	Sección elementos Varios
1	219,5	219,6	126,6
2	219,7	219,5	126,5
3	219,9	219,7	125,9
4	219,4	219,3	126,3
5	219,4	219,6	126,3
6	219,6	219,7	126,5

### **Pruebas de accionamiento y reacción de las protecciones.**

Estas pruebas tienen como finalidad comprobar el funcionamiento de las protecciones termomagnéticas, tales como, accionamiento manual y reacción frente a cortocircuitos en las mesas de trabajo.

#### **Prueba de accionamiento manual**

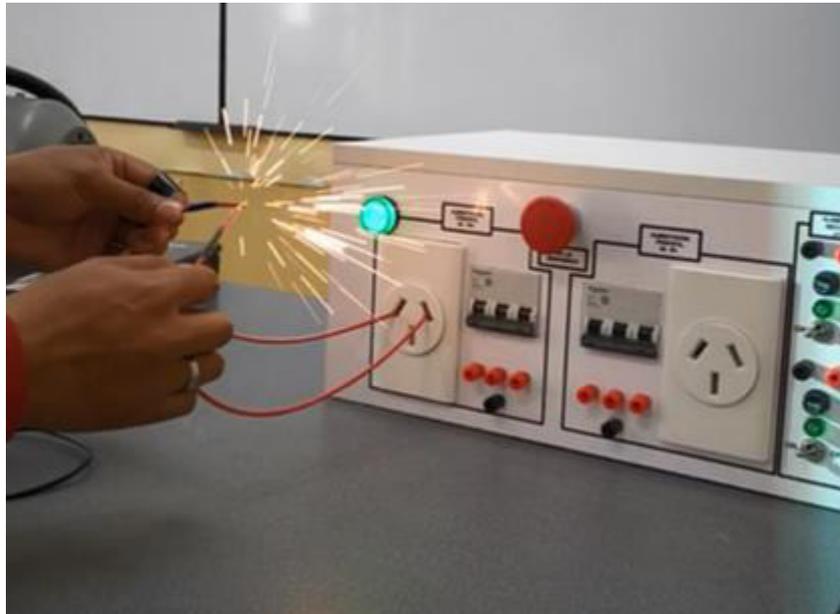
La prueba consistió en accionar de forma manual la protección, en la Tabla 3.12 se observan los resultados obtenidos al cambiar de estado de ON a OFF y viceversa.

**Tabla 3.12** Resultados accionamiento manual.

Mesa #	Accionamiento	Accionamiento
	ON	OFF
1	Sí	Sí
2	Sí	Sí
3	Sí	Sí
4	Sí	Sí
5	Sí	Sí
6	Sí	Sí

### Prueba de reacción frente a cortocircuito

Se realizó por medio del uso de dos conductores eléctricos como se muestra en la Figura 3.26, se procedió a juntar dichos conductores para provocar un cortocircuito y eso se realizó en cada sección para comprobar la reacción de las protecciones. La Tabla 3.13 muestra los resultados obtenidos, siendo que las protecciones en todos los módulos reaccionaron ante el cortocircuito.



**Figura 3.26** Prueba de cortocircuito.

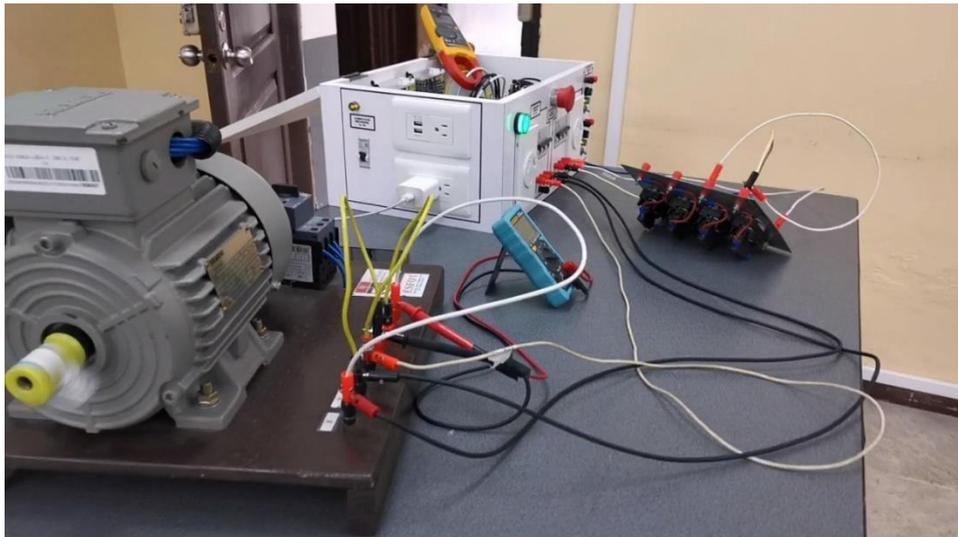
**Tabla 3.13** Resultados prueba reacción frente a cortocircuito.

Mesa #	Accionamiento OFF		
	Sección de Potencia	Sección de Control	Sección de Elementos Varios
1	Sí	Sí	Sí

Mesa #	Accionamiento OFF		
	Sección de Potencia	Sección de Control	Sección de Elementos Varios
2	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí
5	Sí	Sí	Sí
6	Sí	Sí	Sí

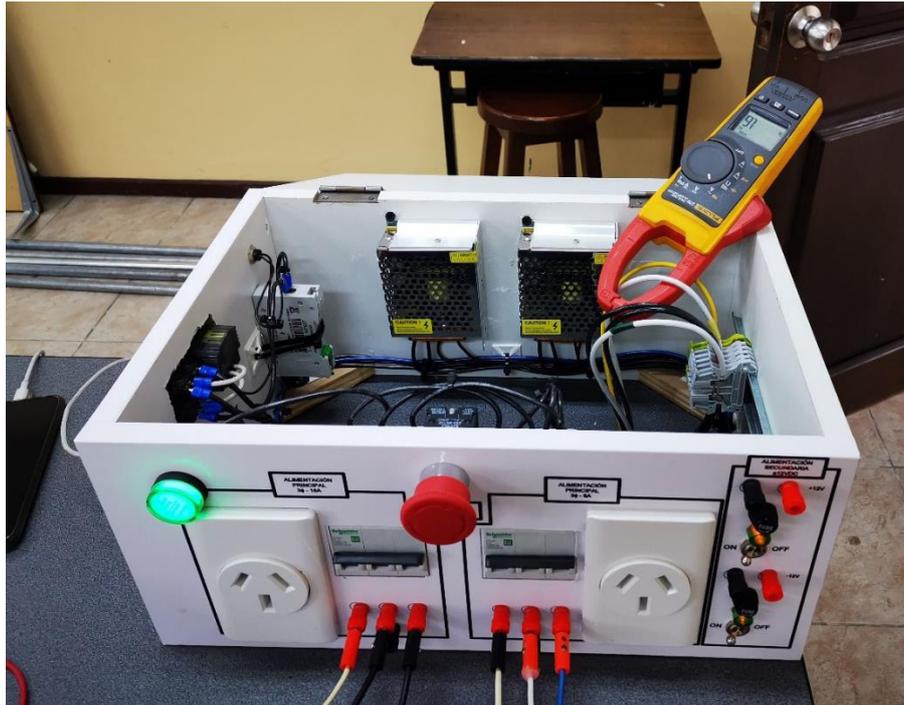
### Prueba de funcionamiento con carga.

Esta prueba tiene como finalidad comprobar que los módulos funcionen correctamente al conectar cargas eléctricas. En la Figura 3.27 se observa; en la sección de potencia un motor trifásico de 0,75 (HP); en la sección de control 2 luces piloto de 220 (V); y en la sección de elementos varios un cargador de celular de 25 (W), por lo que, se comprobó que todos los equipos conectados funcionen correctamente; y, además se midió la corriente que consumió todo el módulo con la ayuda de una pinza amperimétrica.



**Figura 3.27** Prueba del módulo con carga.

Se realizó la medición de intensidad de corriente en cada línea del módulo como se observa en la Figura 3.28.



**Figura 3.28** Medición de corriente eléctrica.

Se puede apreciar en la Tabla 3.14 que cada línea registra una corriente de 1,6 (A), esto indica que está dentro del rango de lo que soporta la protección. Es importante indicar que se sobredimensionó un poco lo cual fue pensando en el futuro uso que se le dará.

**Tabla 3.14** Resultados de la medición de intensidad de corriente.

	Línea R	Línea S	Línea T	Neutro
Corriente (A)	1,6	1,6	1,6	0,2

### 3.6 Elaboración de un manual de usuario

El manual indica los pasos necesarios para llevar a cabo un mantenimiento preventivo y correctivo de los módulos, éste se encuentra en el Anexo 9.

En la Figura 3.29 se muestra el código QR, mismo que contiene el video del manual de usuario, donde se muestran los elementos de los módulos, como energizarlos y el modo de maniobrar los mismos.



**Figura 3.29** QR video del manual de usuario.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Con la implementación del módulo de baja tensión para las mesas de trabajo del laboratorio, se analizó y se estimó que las cargas para cada uno de los módulos en la sección de potencia tienen un límite de 2 (HP).
- Fue vital la carga estimada por módulo, pues con este dato se pudo determinar las protecciones eléctricas a utilizar por sección, el conductor eléctrico adecuado y demás elementos del módulo.
- Los elementos de protección como los interruptores, conductores eléctricos, fueron calculados según la ecuación 1 y la carga máxima que se conectaría, además de la longitud del cable o conductor.
- Los 6 módulos de baja tensión cumplieron con el objetivo de brindar alimentación trifásica, monofásica y de corriente continua, esto para que en las prácticas de laboratorio de las carreras: Tecnología en Electromecánica (EM), Tecnología Superior en Electromecánica (TSEM), Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones (ET), Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones (TSRT), se puedan realizar circuitos eléctricos y electrónicos.
- La selección de madera de tipo aglomerada para la construcción del módulo ayuda a que sea robusto, para que soporte cualquier manipulación que realice el estudiante, además de no ser conductora eléctrica.
- El presupuesto invertido fue de \$415 por estudiante, esto suma \$830 en total de los cuales, el mayor gasto fue en la adquisición de los interruptores termomagnéticos debido a la calidad, y en lo que se economizó fue en la construcción de la estructura, las cuales se hicieron en madera de tipo aglomerada.
- Para la sujeción de cada uno de los interruptores termomagnéticos en sus respectivos agujeros, se tuvo que utilizar correas plásticas las cuales atraviesan sus respectivas bases, de forma que haga presión sujetando cada interruptor y no exista movimiento al accionarlas. Para la fijación de las bases que sostienen a las correas plásticas, se usó la cinta doble faz que viene por defecto, y se pudo constatar que con el pasar de una semana ésta se despegó, para lo cual se tuvo que fijar las bases nuevamente, para esta ocasión se hizo uso de resina epoxica transparente, la cual brinda mayor resistencia.

- Para la alimentación desde el Tablero de Alimentación hasta la parte interna del módulo, se utilizó un riel DIN para colocar las borneras garantizando una mejor conexión eléctrica, siendo así, a partir de estas nace cada sección que conforma el módulo.

## 4.2 Recomendaciones

- Es importante indicar que en el dimensionamiento de las protecciones eléctricas, es esencial tener en cuenta el valor de la carga estimada como dato ya que desde ahí parte el cálculo.
- Con un buen criterio de selección es importante cambiar los elementos que ya hayan cumplido su tiempo de vida útil, ya que son vulnerables a desgastarse con el uso excesivo.
- Cuando se haga uso de los módulos en las practicas, no abrir las tapas superiores de estas.
- Una vez finalizadas las practicas, asegúrese de apagar todos los interruptores de los módulos y dirigirse hacia el tablero de distribución para cortar la energía de estos.
- Para realizar cualquier tipo de mantenimiento, se lo debe realizar con el módulo sin energía, a menos que el manual indique energizarlo en un indicado momento.
- Al realizar cualquier tipo de mantenimiento con respecto a la limpieza de contactos eléctricos, asegúrese de que el terminal (ojo o punta) este bien sujeto al conductor eléctrico, ya que suele desprenderse con facilidad si no está bien colocado.
- Adquirir y colocar fusibles para las fuentes de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>) que no superen los 5 (A) de capacidad.
- Durante las prácticas evitar realizar conexiones muy cerca del módulo, pues al existir la posibilidad de provocar un cortocircuito el adhesivo con la señalética del módulo podría sufrir quemaduras.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS ESFOT PENSUM 2017,” p. 4690, 2017.
- [2] Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana del Ecuador, “Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas,” p. 173, 2013, [Online]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>.
- [3] S. Electric, “Data Sheet Interruptor Termomagnético 3p 16A,” pp. 1–2, 2021.
- [4] S. Electric, “Data Sheet Interruptor Termomagnético 1p 6A,” pp. 1–2, 2021.
- [5] S. Electric, “Data Sheet Interruptor Termomagnético 3p 6A,” pp. 1–3, 2021.
- [6] M. (MW) Well, “Switching Power Supply,” vol. S-60-SPEC, p. 2, 2012.
- [7] T. De Vidrio, “Fusibles de Vidrio de Acción Rápida Fusibles de Vidrio de Acción Rápida,” pp. 0–1.
- [8] ElectroCables, “Ficha técnica THHN #12 AWG,” pp. 280–282.
- [9] A. D. E. M. Melamine, “MANUAL.”
- [10] “Hammer Melamine.” [Online]. Available: <http://hammermelamine.blogspot.com/2016/11/que-es-melamina.html>.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO**



# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 05 de julio de 2021

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Alex Fabricio Oña Ñacata, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la **"ELABORACIÓN DE 6 MÓDULOS DE BAJA TENSIÓN PARA EL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – ESFOT"**, los cuales fueron implementados por los estudiantes Byron Gustavo Escorza Guaranda y Carlos Gustavo Andrade Lescano.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.

---

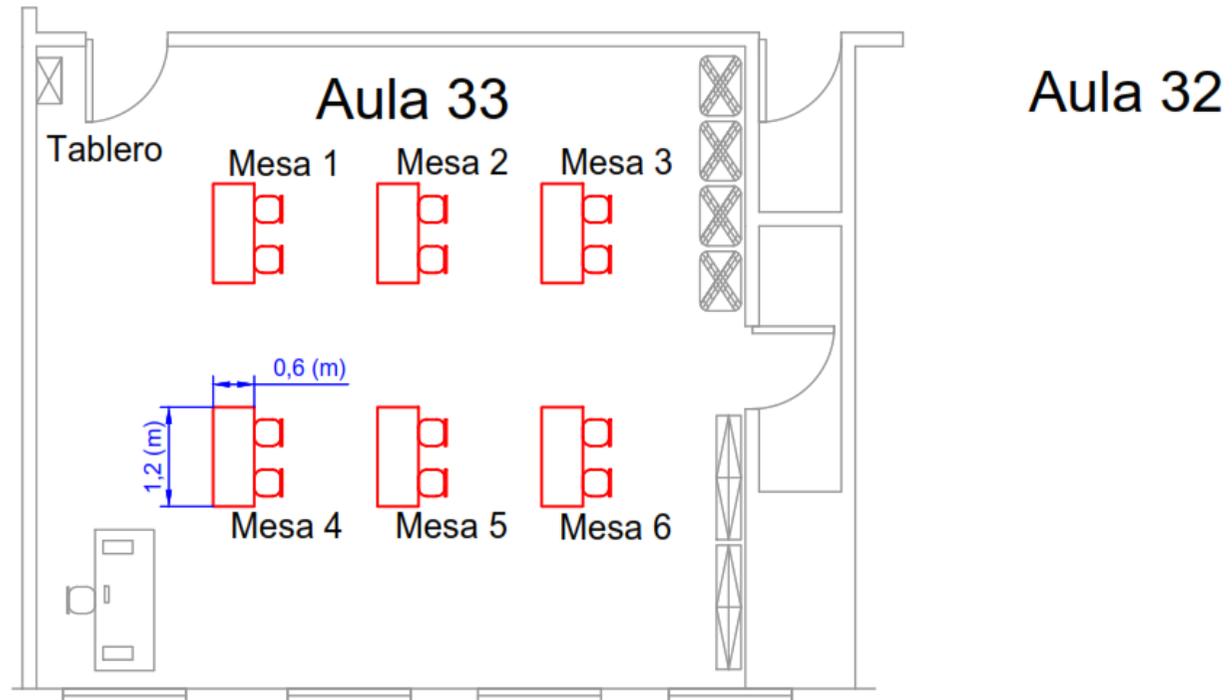
**DIRECTOR**

Ing. Alex Fabricio Oña Ñacata., MSc.

## **ANEXO 2: DISTRIBUCIÓN DE LAS MESAS DE TRABAJO**

# Laboratorio Tecnología Industrial

## Pasillo



Simb	Descripción
	Mesa de Trabajo
	Tablero de distribución
	Escritorio
	Archivador
	Anaqueles

EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	DISEÑADO POR: Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	ESCALA 1:12
		DISTRIBUCIÓN DE LAS MESAS DE TRABAJO	

## **ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS EN LAS MESAS DE TRABAJO**

# Laboratorio Tecnología Industrial

## Pasillo

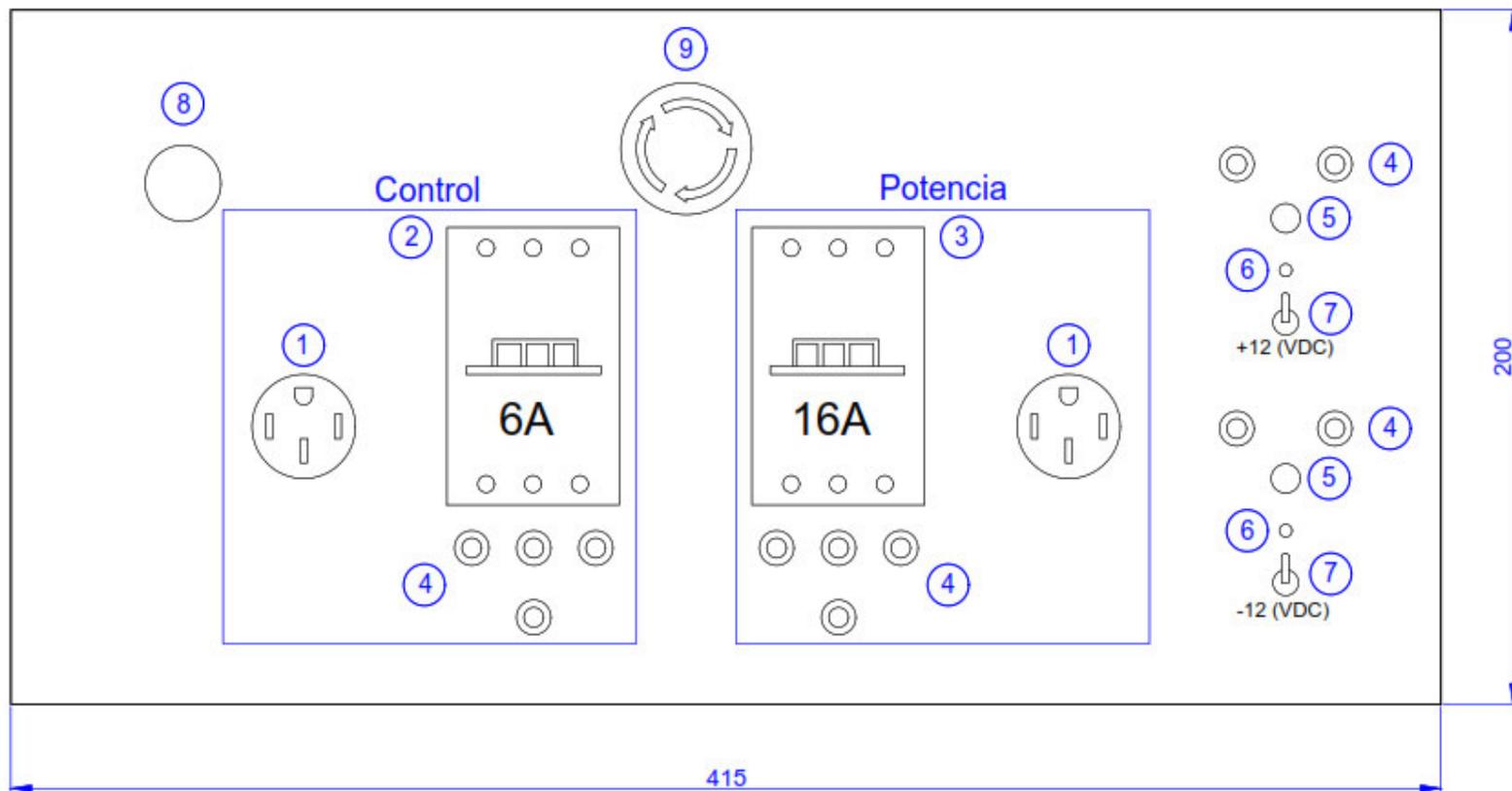


Aula 32

Simb	Descripción
	Mesa de Trabajo
	Tablero de distribución
	Escriptorio
	Archivador
	Anaqueles
	Módulo de Baja Tensión

EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	<b>DISEÑADO POR:</b> Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	<b>ESCALA</b> 1:12
DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS			<b>FECHA</b> 25/062021

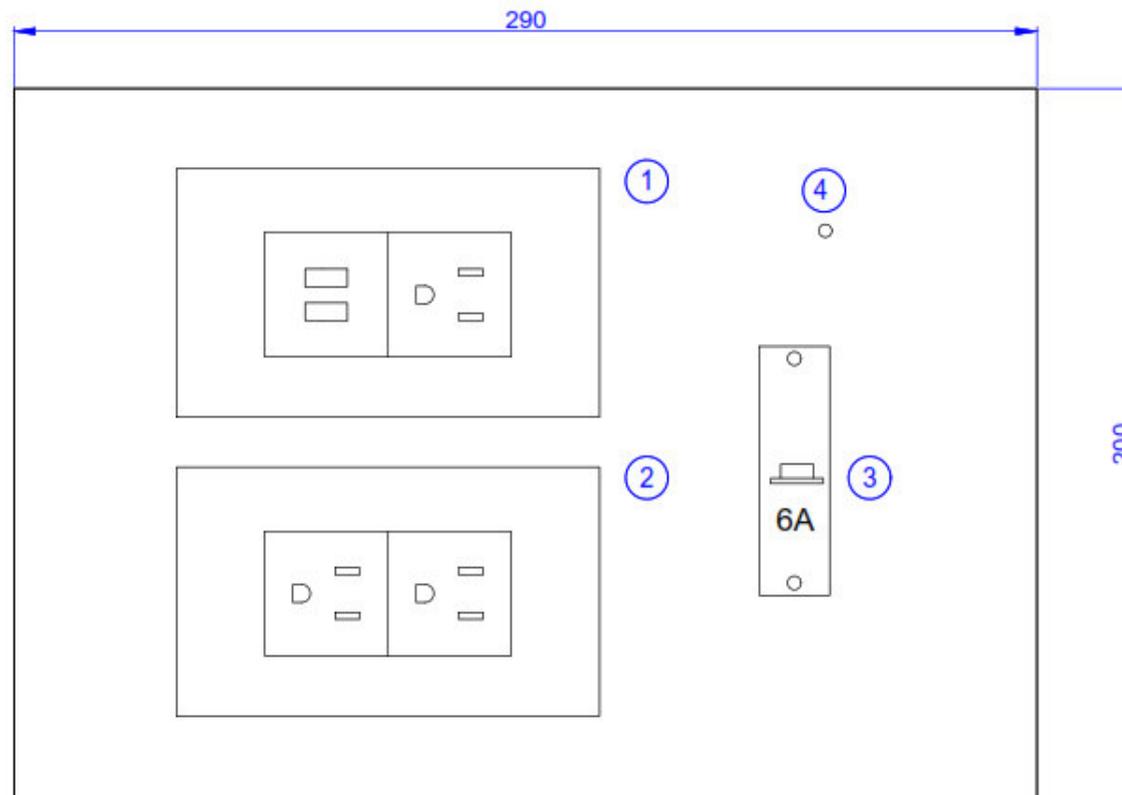
## **ANEXO 4: DISEÑO DE LA CARA PRINCIPAL**



#	Descripción
1	Toma Corriente Trifásico
2	Breaker Trifásico 6 (A)
3	Breaker Trifásico 16 (A)
4	Borneras de conexión
5	Porta Fusible 5 (A) máx.
6	Luz Indicadora
7	Interruptor
8	Luz Piloto
9	Pulsador de Emergencia

EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	DISEÑADO POR: Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	ESCALA 1:2
		DISEÑO DE LA CARA PRINCIPAL	

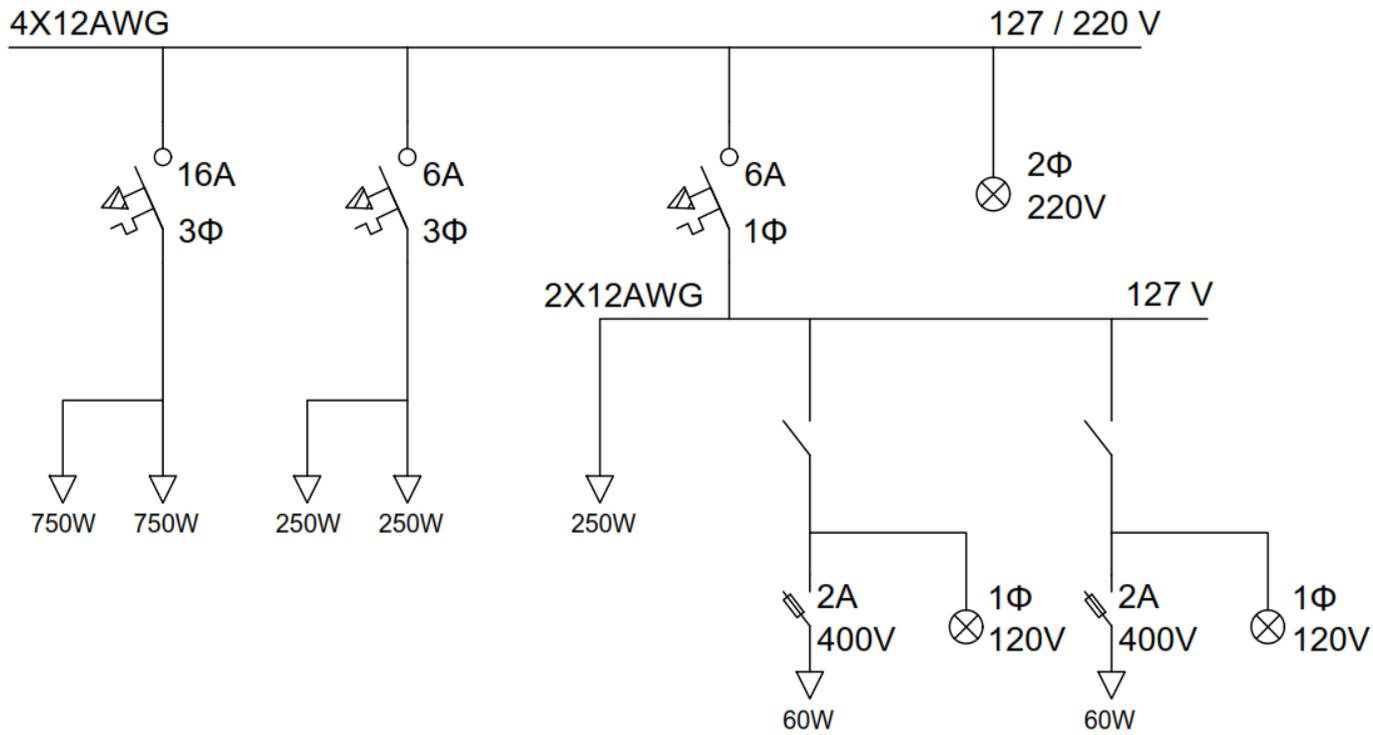
## **ANEXO 5: DISEÑO DE LA CARA SECUNDARIA**



#	Descripción
1	Toma Corriente Simple con 2 Puertos USB 5 (V)
2	Toma Corriente Doble
3	Breaker Monofásico 6 (A)
4	Luz Indicadora

EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	DISEÑADO POR: Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	ESCALA 1:2
		DISEÑO DE LA CARA SECUNDARIA	

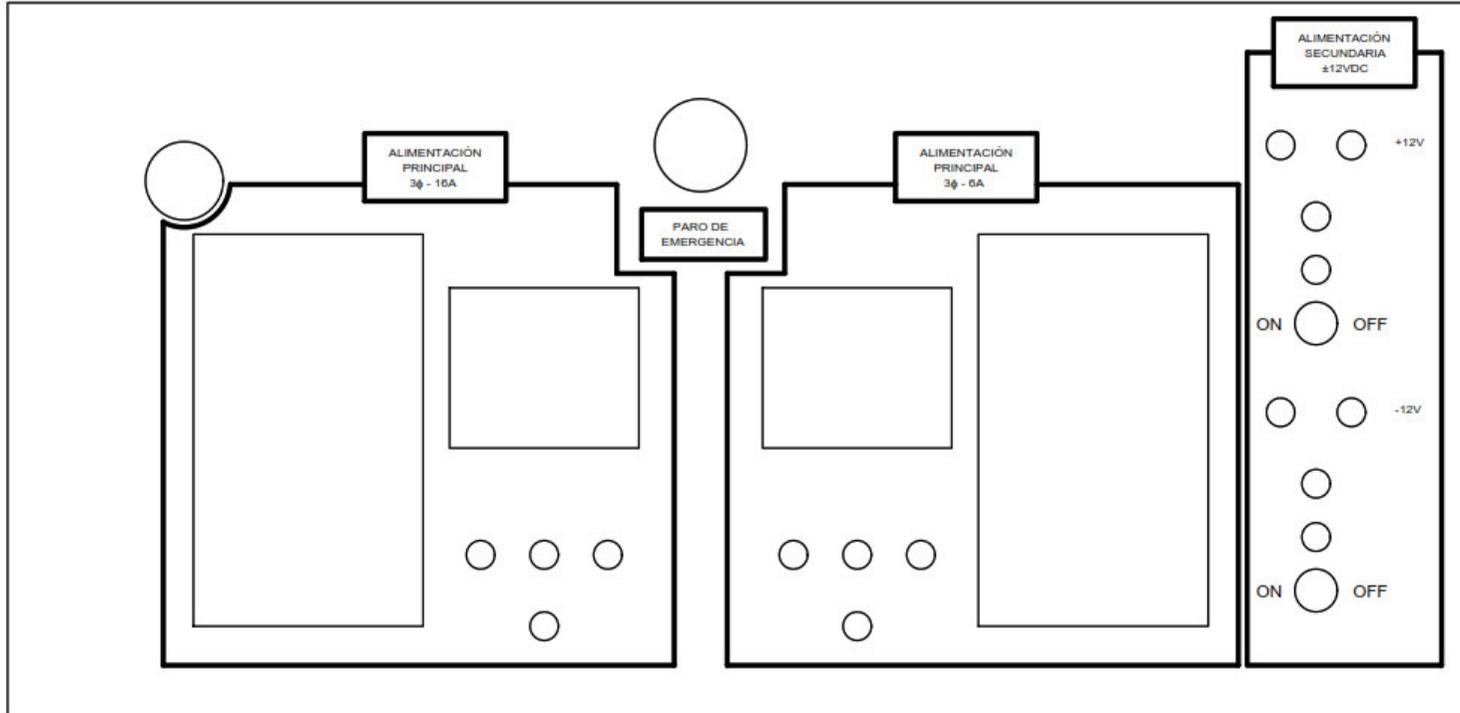
## **ANEXO 6: DIAGRAMA UNIFILAR**



Simb	Descripción
	Protección Termomagnética
	Luz Indicadora
	Fusible
	Carga Eléctrica

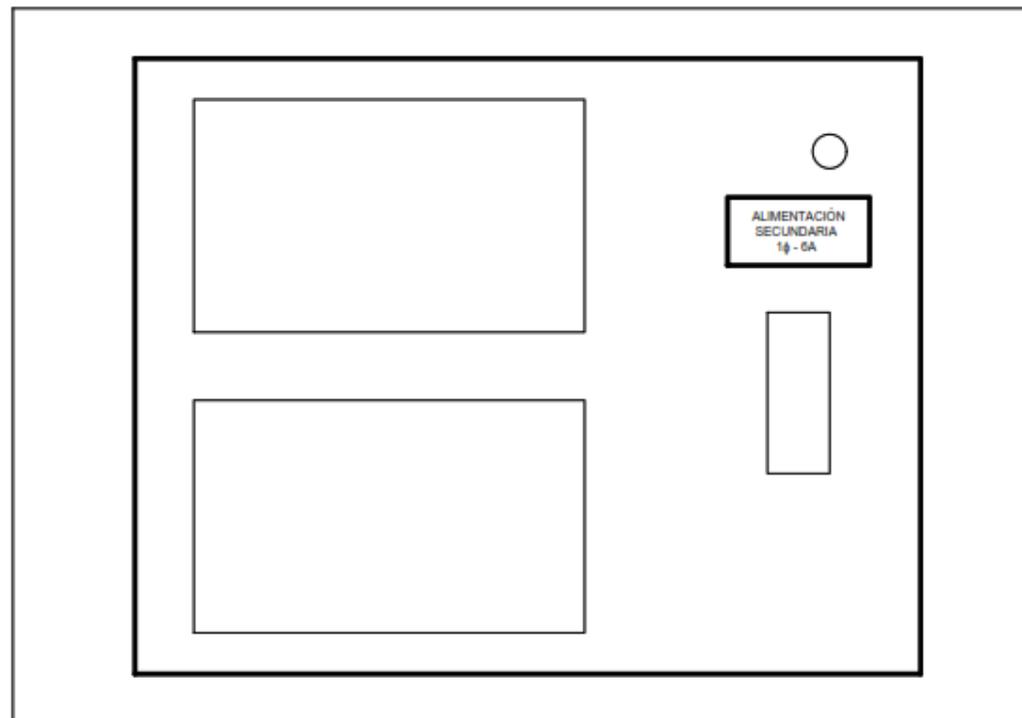
EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	DISEÑADO POR: Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	ESCALA 1:1
		DIAGRAMA UNIFILAR DEL MÓDULO	

## **ANEXO 7: DISEÑO DEL ADHESIVO FRONTAL**



EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	<b>DISEÑADO POR:</b> Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	<b>ESCALA</b> 1:2
DISEÑO DEL ADHESIVO FRONTAL			<b>FECHA</b> 25/062021

## **ANEXO 8: DISEÑO DEL ADHESIVO LATERAL**



<b>EPN</b>	<b>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b>	<b>DISEÑADO POR:</b> Andrade Lescano Carlos Gustavo Escorza Guaranda Byron Gustavo	<b>ESCALA</b> 1:2
<b>DISEÑO DEL ADHESIVO LATERAL</b>			<b>FECHA</b> 25/062021

## **ANEXO 9: MANUAL DE MANTENIMIENTO**

## Manual de Mantenimiento

### Preventivo

A continuación, se describe el procedimiento para realizar el mantenimiento preventivo de los módulos.

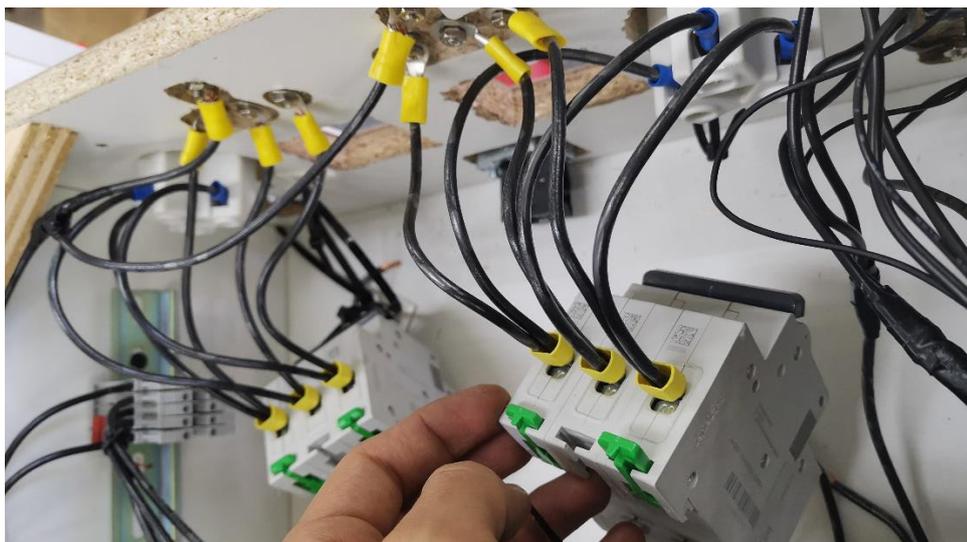
1. Limpiar adecuadamente la parte interna del módulo.

Para proceder con la limpieza primero se debe desenergizar el módulo, a continuación, levantar la tapa del módulo y con la ayuda de un soplete a presión o simplemente con una brocha empezar a limpiar cualquier suciedad, polvo o basura que pueda encontrarse en los cables o elementos.



2. Revisar el estado de los cables.

Al terminar la limpieza se debe realizar un chequeo visual de los cables y los puntos de conexión, para verificar que se encuentran en buen estado.



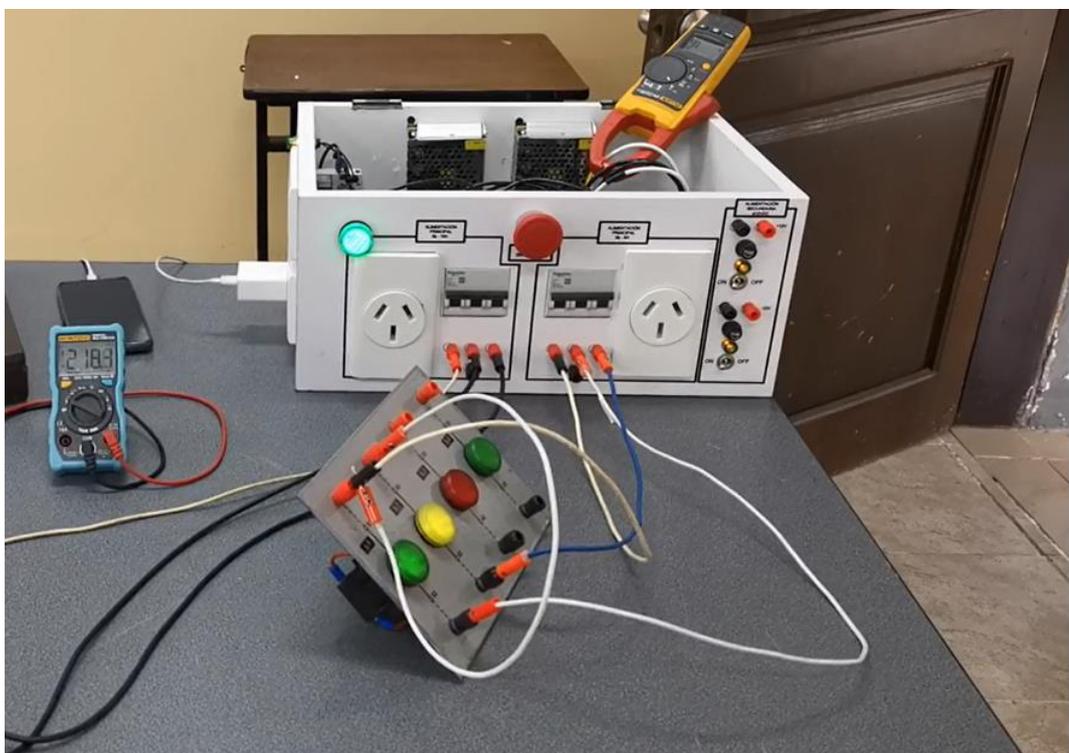
3. Revisar los fusibles colocados.

Se debe desatornillar la tapa del portafusible, y verificar de forma visual que capacidad del fusible colocado no exceda los 5 (A), además se debe verificar continuidad en dicho fusible con la ayuda de un multímetro, en caso de que el fusible sea de la capacidad errónea o se encuentre sin continuidad se deberá sustituirlo por otro que se encuentre en perfecto estado y de la capacidad adecuada, caso contrario si no presenta problema se debe volver a colocarlo en su sitio, de preferencia esto se lo debe realizar al inicio de cada práctica.



4. Revisar los voltajes.

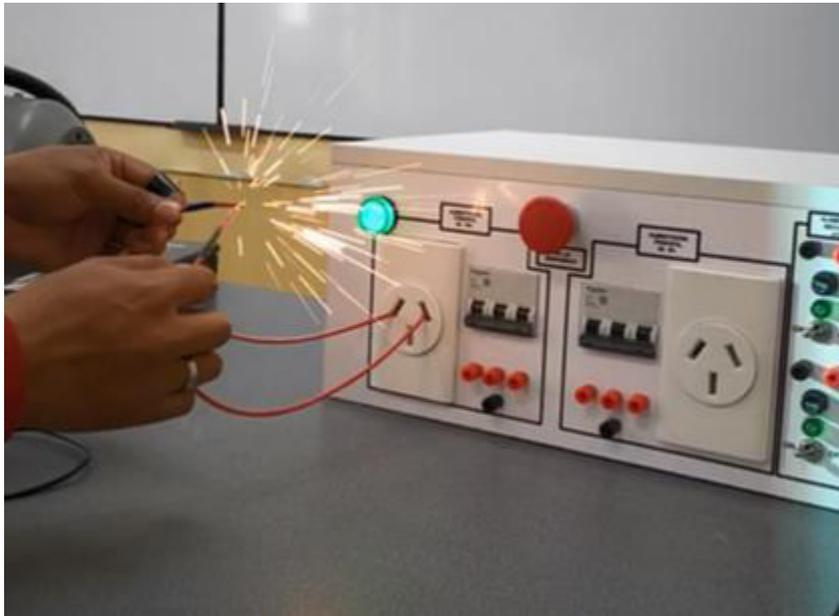
Energizar nuevamente el módulo y con la ayuda de un multímetro se debe medir los voltajes de salida en las borneras y en los tomacorrientes, y verificar q sean los voltajes correctos.



5. Revisar el accionamiento de las protecciones.

Al inicio de cada práctica se recomienda verificar que las protecciones permitan la conexión y desconexión de forma manual correctamente, además se recomienda una vez cada semestre, realizar un cortocircuito para verificar el correcto accionamiento de las protecciones frente a una anomalía.

No es recomendable realizar el cortocircuito muy seguido, pues esto acorta la vida útil de las protecciones.



### Correctivo

Este mantenimiento se lo debe realizar inmediatamente los módulos presenten inconvenientes al momento de energizarlos, tales como: brindar voltajes erróneos, no existe voltaje de 12 (V<sub>DC</sub>), no existe voltaje en las salidas USB de 5 (V<sub>DC</sub>) o no se enciendan las luces indicadoras, a continuación, se describe el procedimiento adecuado en cada caso:

- Voltajes erróneos.  
Si existe voltajes erróneos es muy posible que haya problemas en una de las fases, para ello se debe medir con la ayuda de un multímetro los voltajes tanto en las borneras como en los tomacorrientes, si en alguno de ellos se tiene el voltaje correcto y en el otro erróneo, se debe inspeccionar y verificar la conductividad de los cables y los puntos de conexión en el interior del módulo. Si el problema no se encuentra en los cables o puntos de conexión revisar las borneras, pueden estar flojas y los cables desconectados.
- No existe voltaje de 12 (V<sub>DC</sub>).  
Si al encender las fuentes de  $\pm 12$  (V<sub>DC</sub>) no existe voltaje en las borneras podría deberse a que el fusible este fundido por causa de un cortocircuito o

sobrecorriente, por lo que será indispensable desatornillar la tapa del portafusible y cambiarlo por uno nuevo de la misma capacidad que el fundido.

- No existe voltaje en las salidas USB.

Si al cerrar la protección de la sección de elementos varios no existe voltaje en las salidas USB, se deberá verificar con la ayuda de un multímetro y en el interior del módulo q exista voltaje entrante al transformador, si es el caso se deberá cambiar, pues son modulares y existen a la venta solamente la parte de la salida USB.

- No encienden las luces indicadoras.

Si al energizar el módulo, al energizar la sección de elementos varios o al encender las fuentes de 12 (V<sub>DC</sub>) no se encienden las luces indicadoras y existe voltaje de salida, se deberá comprobar en la parte interna que exista voltaje en los terminales de las luces, de haber voltaje significaría que las luces dejaron de funcionar por lo que se procedería a cambiarlas por nuevas.