

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE ALIMENTACIÓN PARA
EL AULA 35 DE LA ESFOT.**

**DIMENSIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE ELEMENTOS Y
PROTECCIONES PARA LA ALIMENTACIÓN DE LAS MESAS DE
TRABAJO DEL AULA 35.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECÁNICA**

JONATHAN JOSUÉ CHACÓN MANOSALVAS

DIRECTOR: CATALINA ELIZABETH ARMAS FREIRE

DMQ, Enero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, JONATHAN JOSUÉ CHACÓN MANOSALVAS declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Jonathan Chacón

jonathan.chacon@epn.edu.ec

jjonathanch@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Jonathan Chacón, bajo mi supervisión.



Elizabeth Armas

DIRECTOR

elizabet.armas@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



Jonathan Chacón

DEDICATORIA

La siguiente tesis la dedico a mis padres Rodrigo y Marianela que me han brindado su apoyo durante mis estudios y a mis tíos Álvaro, Alexandra, Andrea, Jorge por su incondicional ayuda y más aún en estos tiempos muy duros causados por la pandemia del COVID-19.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones y ayuda a lo largo de mis estudios. A mi madre, padre, tíos, primos, abuelos, hermanos y colegio que me apoyaron en todo momento, por su paciencia y consejos que me enseñaron a no rendirme en momentos difíciles.

Agradezco a mis amigos y personas cercanas que fueron parte fundamental en mi formación profesional.

Agradezco a los Ingenieros Elizabeth Armas, Pablo Proaño, Abraham Loja, Alex Oña y Carlos Romo por su paciencia, tiempo y predisposición para enseñar además de consejos para culminar este proyecto.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional y en especial a la Escuela de Formación de Tecnólogos por abrir sus puertas y brindar una educación tanto profesional como para el desarrollo personal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
2 METODOLOGÍA.....	4
2.1 Carga total para mesas de trabajo en el tablero de alimentación.....	4
2.2 Diagrama de conexiones del tablero para mesas de trabajo	4
2.3 Contactores para energizar cada módulo.....	5
2.4 Implementación del tablero de alimentación en el aula 35	5
2.5 Pruebas de funcionamiento.....	5
2.6 Manual de usuario	6
3 RESULTADOS	7
3.1 Carga total para mesas de trabajo en el tablero de alimentación.....	7
3.2 Diagrama de conexiones del tablero para mesas de trabajo	15
3.3 Instalación del tablero de alimentación en el aula 35.....	19
3.4 Pruebas de funcionamiento en las mesas de trabajo.....	27
3.5 Manual de usuario y mantenimiento	31
4 CONCLUSIONES.....	31
5 RECOMENDACIONES	32

6	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
7	ANEXOS.....	34
	Anexo 1: Reporte de similitud generado por Turnitin.....	i
	Anexo 2: Certificado de funcionamiento del trabajo de integración curricular.....	ii
	Anexo 3: Diagrama unifilar de mesas de trabajo.....	iii
	Anexo 4: Plano de control.....	vi

RESUMEN

En vista de la necesidad de un tablero de alimentación en los nuevos laboratorios de la Escuela de formación de tecnólogos (ESFOT) se realiza el diseño y posterior construcción e instalación del tablero, el mismo que permitirá dotar de energía para el funcionamiento de los diferentes dispositivos eléctricos o electrónicos utilizados en el laboratorio, el tablero se instala en el laboratorio del aula 35 de la ESFOT.

En primer lugar, se realiza la descripción del componente desarrollado en cual se describe el inconveniente y la respectiva solución que se propone con la implementación de este proyecto.

En segundo lugar, se detalla la metodología usada para el dimensionamiento y construcción del proyecto. El dimensionamiento se realizó según la carga que se encuentran en el laboratorio para mesas de trabajo.

En tercer lugar, se muestran los cálculos realizados para el dimensionamiento de contactores para mesas de trabajo y el tablero en general; en específico la selección de conductores, contactores y elementos de maniobra, también se presenta la instalación e implementación del tablero.

Para mejor entendimiento del usuario se incluye un manual de uso y mantenimiento que indica las partes del tablero, su uso correcto y funcionalidad.

En cuarto lugar, se describen las conclusiones y recomendaciones con respecto al proyecto realizado con el fin de ayudar en tesis similares que se realicen a futuro.

PALABRAS CLAVE: Tablero, Alimentación, Dimensionamiento, Maniobra.

ABSTRACT

In view of the need for a power supply board in the new laboratories of the School of Technologist Training (ESFOT), the design and subsequent construction and installation of the board is carried out, which will provide power for the operation of the different electrical or electronic devices used in the laboratory, the board is installed in the laboratory of classroom 35 of the ESFOT.

First, a description of the developed component is made, describing the drawback and the respective solution proposed with the implementation of this project.

Secondly, the methodology used for the sizing and construction of the project is detailed. The sizing was carried out according to the load found in the laboratory for work tables.

Thirdly, the calculations made for the sizing of contactors for workbenches and the panel in general are shown; specifically the selection of conductors, contactors and switching elements, the installation and implementation of the panel is also presented.

For a better understanding of the user, a use and maintenance manual is included, indicating the parts of the panel, its correct use and functionality.

Fourthly, the conclusions and recommendations regarding the project are described in order to help in similar thesis to be carried out in the future.

KEY WORDS: Panel, Power supply, Dimensioning, Maneuvering.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) cuenta con múltiples espacios para la ejecución de prácticas. En las instalaciones de ésta, por ser de estructura antigua, se presentan inconvenientes al distribuir energía eléctrica a cada aula, tomando como prioridad aulas donde se realizan prácticas, en específico el laboratorio 35 no posee un tablero de alimentación eléctrica para el correcto manejo de mesas de trabajo.

La Dirección de la ESFOT ha designado el aula 35 como laboratorio, donde frecuentan tanto personal docente como estudiantil, con el objeto de complementar, reforzar y profundizar la teoría con la práctica.

Un tablero de alimentación es necesario por seguridad de los operarios y para proteger y controlar los equipos y módulos de trabajo que se usan en este laboratorio [1].

Por los motivos mencionados anteriormente, se considera de suma importancia disponer de una estación de alimentación (tablero de distribución) de control, monitoreo y visualización para la protección tanto de personal docente, como estudiantil, y garantizar el correcto funcionamiento y manejo de los equipos en cada una de las prácticas que se desarrollen en este espacio [1].

Se examina de forma visual la infraestructura del aula y la disposición de las mesas de trabajo, se calcula la corriente que consume cada una (carga y equipos que se utilizan en el laboratorio), con base en la corriente se colocan los elementos de protección, se buscan cotizaciones de elementos y protecciones en diferentes establecimientos de material eléctrico industrial, se grafica el diagrama de conexión del tablero para conocer la ubicación de los elementos [1].

La construcción del tablero se inició adquiriendo los elementos cotizados y siguiendo la gráfica establecida. En el gabinete se colocan los respectivos elementos de maniobra (para energizar y desenergizar) de acuerdo con la norma NEC.

Además, el tablero cuenta con luces de señalización que indican la activación de equipos y de visualización, como son voltímetros y amperímetros con su respectiva señalética mostrando las fases utilizadas, nombres de módulos y mesas de trabajo [1].

Siguiendo el diagrama establecido se verifica continuidad de cada conexión para los contactores que alimentan a cada mesa de trabajo.

Se elabora un manual técnico para la correcta utilización y mantenimiento del tablero implementado de forma clara y entendible para el usuario que tenga o no conocimientos técnicos.

1.1 Objetivo general

Implementar un tablero de alimentación para el aula 35 de la ESFOT.

1.2 Objetivos específicos

- 1.- Dimensionar la carga para mesas de trabajo en el tablero de alimentación.
- 2.- Diseñar el diagrama de conexiones del tablero para mesas de trabajo.
- 3.- Instalar el tablero de alimentación en el aula 35.
- 4.- Realizar pruebas de funcionamiento en mesas de trabajo.
- 5.- Elaborar un manual de usuario y mantenimiento.

1.3 Alcance

- Se realiza un reconocimiento visual del aula 35 de la ESFOT para establecer: el sitio de la acometida de suministro eléctrico que energiza al tablero. La ubicación y número de mesas de trabajo. Se investiga las cargas y equipos que energiza el tablero de alimentación, siguiendo con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC).
- En base a las cargas y equipos que se maneja en el laboratorio se realizan los cálculos para obtener el voltaje, al corriente y la potencia que deberá suministrar el tablero [1].
- La construcción del tablero se inicia adquiriendo los materiales cotizados, luego se realiza la instalación de elementos de acuerdo con la norma NEC. Toda la implementación del tablero se ejecuta en base a los planos diseñados [1].
- Se procede con las pruebas del tablero implementado. La primera es la prueba de continuidad entre elementos del tablero. La segunda prueba es la medición de voltaje en cada línea de alimentación, para evitar caídas de tensión al momento de energizar los elementos del tablero.

1.4 Marco teórico

Norma Eléctrica Ecuatoriana (NEC)

La norma NEC, con el fin de realizar la correcta instalación eléctrica para cumplir los requerimientos exigidos en el país, y son los siguientes: [2]

Circuitos eléctricos especiales:

Los circuitos de cargas especiales, en este caso equipos hidroneumáticos, refrigeración, motores deben ser diseñados de manera individual. El dimensionamiento está a cargo del estudiante asignado. [2]

Calibre del conductor:

El calibre del conductor debe considerar la mínima capacidad de corriente del cable. [2]

Capacidad de corriente:

El calibre para el conductor debe tener un sobredimensionamiento de al menos 125% de la corriente nominal calculada. [2]

Diagrama unifilar:

“Gráfico que suministra información rápida y concisa de cómo está estructurada la instalación eléctrica”. [2]

Fase:

“Punto en el cual la diferencia de potencial con respecto a tierra es mayor que cero”. [2]

Potencia total:

“Suma de las potencias parciales de cada uno de los puntos de iluminación, tomacorrientes y/o cargas especiales de una instalación eléctrica.” [2]

2 METODOLOGÍA

El método utilizado en el proyecto es “Metodología Aplicada”, utilizando los conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera, tanto para construcción como para implementación.

2.1 Carga total para mesas de trabajo en el tablero de alimentación.

En el dimensionamiento del tablero de alimentación se toma como prioridad la carga y la demanda de potencia máxima que requiere en el sistema y es la suma de las potencias de todas las cargas que existen en el laboratorio [1].

En la elección de las diferentes partes que posee el tablero de alimentación se determinó:

La potencia que consume tanto mesas de trabajo como módulos, y dicha información se tomó mediante datos de placa, y cálculos con la potencia activa. Sabiendo que en el laboratorio existen 4 mesas de trabajo similares [1].

2.2 Diagrama de conexiones del tablero para mesas de trabajo.

Primeramente, se realiza un diagrama unifilar de las conexiones del tablero de alimentación en AutoCAD y se detallan el número de fases, el calibre del cable (conductor) y protecciones para los módulos de trabajo [1].

Se diseña en el software CAdESIMU el diagrama de control y fuerza para la instalación de los elementos de mando e indicadores [1].

2.3 Contactores para energizar cada módulo.

Para seleccionar contactores se debe conocer la carga que se instala. También establecer el tipo de aplicación de las mesas de trabajo y hallar la categoría del contactor. Mediante estos criterios se selecciona el contactor a utilizar. [1]

2.4 Implementación del tablero de alimentación en el aula 35.

El montaje del tablero de alimentación se lo adecua a las disposiciones del aula en la cual será instalado.

Para el montaje se verifica la correcta posición en todos los lados del tablero y posteriormente se instalan los elementos indicadores, de maniobra, señalética; y, por último, el etiquetado de los circuitos, fases y protecciones [1].

2.5 Pruebas de funcionamiento.

Para la selección de la protección general que tiene el tablero de alimentación, se calcula la corriente máxima soportada por el cable con un sobre dimensionamiento de 1.25. Para la protección general del tablero se utiliza un interruptor de caja moldeada de marca STROM. Para las mesas de trabajo se adquirió contactores AC-3 industrial de marca STROM para soportar corrientes de corto circuito altas [1].

Se garantiza que todos los conductores estén conectados mecánicamente a pulsadores y a luces indicadoras.

Se confirma según el diagrama, que las conexiones en la instalación de fases y neutro se encuentren bien instaladas.

2.6 Manual de usuario.

Se graba un video con las indicaciones a seguir para el correcto uso y mantenimiento del tablero de alimentación.

3 RESULTADOS

El tablero tiene la función de distribuir energía a los lugares deseados, en este caso mesas de trabajo, módulos de trabajo, para prácticas de laboratorio [1].

El tablero está conformado por: relés de pérdida de fase para tener un continuo monitoreo de las líneas trifásicas y sus luces, voltímetros y amperímetros, pulsadores y un botón de paro de emergencia, además de los elementos eléctricos internos [1].

En la Figura 3.1 se visualiza el tablero de alimentación instalado.



Figura 3.1. Tablero instalado en el aula 35.

3.1 Cargas para mesas de trabajo en el tablero de alimentación.

En los datos que se obtuvo del estudio de cargas para las mesas de trabajo se realizó la siguiente Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Cargas para mesas de trabajo:

Cargas de mesa de trabajo	
Cargas	Potencia (W)
Luces piloto Verde	10
PC	200
Motor	745.7
Tomacorrientes	240
Controlador lógico programable	40
Logo Siemens	26
Cargadores	60
Fuente variable DC	410
Total	1731.7 (W)

Sabiendo que se instalan 4 mesas de trabajo y utilizando la Ecuación 3.1, se obtiene:

$$P_{totm} = P_{mod} * 4$$

Ecuación 3.1. Potencia de mesas de trabajo.

En donde:

P_{totm} : Total de potencia de todas las mesas.

P_{mod} : Total de potencia en una mesa 1731.7 (W)

4 : Número total de mesas.

Aplicando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$P_{totm} = 6926.8 (W)$$

Se dispone también de módulos cuyo valor fue calculado por el estudiante asignado de 6202.8 (W)

En la Tabla 3.2 se muestra la potencia total del tablero:

Tabla 3.2. Suma de todas las potencias por cargas [1]:

Cargas	Potencia total (W)
Mesas de trabajo	6926.8
Potencia total en Módulos	6202.8
Total de Potencia	13129.6

La potencia consumida se multiplica por un factor de simultaneidad:

$$Pct = Ptotb * 0.95$$

Ecuación 3.2. Carga total del tablero [1].

En donde:

Pct : Potencia calculada total.

Ptotb : Potencia total del tablero 13129.6 (W).

0.95 : Valor para factor de simultaneidad.

Aplicando la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$Pct = 12473.12 \text{ (W)}$$

Con la potencia calculada total (Pct) en la Ecuación 3.2, se obtiene la corriente general de todo el tablero. Para obtener la corriente general de todo el tablero se utiliza la ecuación de la potencia trifásica activa, usando la Ecuación 3.3.

$$Ptra = \sqrt{3} * \cos \emptyset * V2\emptyset * Igt$$

Ecuación 3.3. Potencia trifásica activa [3].

En donde:

Ptra : 12473.12 (W) potencia activa.

cos \emptyset : 0.85 Factor de potencia (considerado el más crítico).

$V_{2\phi}$: Voltaje entre fases 220 (V).

I_{gt} : Corriente general del tablero (A).

Aplicando la **Ecuación 3.3** se obtiene:

$$I_{gt} = 38.50 \text{ (A)}$$

Cálculo de elementos protección y maniobra.

Para la selección del interruptor general de alimentación se calcula con la corriente total obtenida de la Ecuación 3.3 multiplicada por 1.15, obteniendo [1]:

$$I_{bp} = I_{gt} * 1.15$$

Ecuación 3.4. Corriente del breaker principal.

En donde:

I_{bp} : Corriente del breaker principal (A).

I_{gt} : Corriente general del tablero 38.50 (A).

1.15 : factor de seguridad.

Aplicando la Ecuación 3.4 se adquiere:

$$I = 44.27 \text{ (A)}$$

Según los cálculos obtenidos en la Ecuación 3.4 se escoge un interruptor de caja moldeada de marca STROM de 40 (A).

En la **Figura 3.2.** se visualiza el instrumento adquirido.



Figura 3.2. Interruptor principal de 40(A) marca STROM.

Cálculo de dimensionamiento del contactor para las mesas de trabajo.

Para dimensionar los contactores se toma en cuenta la potencia que consume cada mesa de trabajo y carga con la que se trabaja.

Tomando en cuenta que se conectan motores, fuentes de voltaje DC, entre otros se escoge la clase de contactor AC-3 según la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Clase de contactores [4]:

Clase	Información
AC-1	Cargas no inductivas o escasamente inductivas como son: resistencias en calefacción.
AC-2	Se utiliza en motores de potencia muy grande, como son: motores de grúas.
AC-3	Se utiliza en motores para ventiladores, compresores, aire acondicionado y cargas no definidas.
AC-4	Se utiliza en Motores con impulso para su funcionamiento.

Mediante la ecuación de Ecuación 3.5 se obtiene el valor de corriente para el contactor de la mesa de trabajo.

$$P_m = \sqrt{3} * V_{2\phi} * I_{cm} * \cos \phi$$

Ecuación 3.5. Cálculo de la corriente de la mesa de trabajo.

En donde:

I_{cm} : Corriente de cada mesa (A).

P_m : 1731.7 Potencia consumida por cada mesa (W).

$\cos \phi$: 0.85 Factor de potencia (considerado el más crítico).

$V_{2\phi}$: Voltaje entre fases de 220 (V).

Aplicando la Ecuación 3.5. se adquiere:

$$I_{cm} = 5.34 (A).$$

Para obtener el cálculo total de corriente se suma la corriente que consumen otras cargas de 6 (A) y la corriente obtenida (I_{cm}). Este valor se multiplica por un coeficiente de seguridad de 1.15 donde se obtiene la corriente total (I_c) [1].

$$I_c = (5.34 + 6) * 1.15 = 13.04 (A)$$

Ecuación 3.6. Corriente del contactor.

En donde:

I_c : Corriente del contactor (A).

1.15 : Factor de seguridad.

6 : Valor de corriente asumido de otras cargas (A).

En base a la corriente obtenida se seleccionó un contactor de 12 (A) categoría AC-3 marca STROM. En la Figura 3.3. se visualiza el contactor.



Figura 3.3. Contactor AC-3 de 12(A) marca STROM.

Cálculo de dimensionamiento para el contactor principal.

La corriente del contactor principal es dimensionada en función de la potencia obtenida en la Tabla 3.3 y en base a la Ecuación 3.3.

$$P_{maxtb} = \sqrt{3} * V_{2\phi} * I_{maxtb} * \cos \phi$$

Ecuación 3.7. Potencia del contactor principal.

En donde:

P_{maxtb} : Potencia total 13129.6 (W).

$V_{2\phi}$: Voltaje entre fases 220 (V).

I_{maxtb} : Corriente máxima del tablero (A).

$\cos \phi$: 0.85 Factor de potencia (considerado el más crítico).

Aplicando la Ecuación 3.7 se obtiene:

$$I_{maxtb} = 40.53 \text{ (A)}$$

Multiplicando el valor de la corriente (I_{maxtb}) por un factor de seguridad 1.15 de obtiene la corriente sobre dimensionada (I_t):

$$I_t = 46.60 \text{ (A)}$$

Considerando que la corriente máxima suministrada por el tablero general del LTI es de 40 (A) se selecciona un contactor AC-3 general de 40 (A) marca STROM.

En la Figura 3.4. se visualiza el contactor adquirido:



Figura 3.4. Contactor AC-3 marca SRTOM de 40 (A).

Cálculo de dimensionamiento para la acometida del tablero de alimentación.

Para la selección del calibre de cable de la acometida del tablero de alimentación, se toma en cuenta una caída de tensión de 3% como dicta la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) capítulo 15 para instalaciones electromecánicas. [5]

La distancia del cable del tablero principal auxiliar al tablero del aula 35 es de 17 (m) y mediante la Ecuación 3.8 se obtiene el calibre del conductor [1]:

$$S = \frac{\sqrt{3} * NC * \cos \phi * I_{gt} * Ll * p}{\mu}$$

Ecuación 3.8. Área del conductor. [6]

En donde:

- S : Área del conductor (mm^2).
- $\cos \phi$: 0.85 factor de potencia (considerado el más crítico).
- ρ : Resistividad del conductor de cobre 0.01786 ($\Omega mm^2/m$).
- I_{gt} : Corriente del sistema 38.50 (A).
- μ : Caída de voltaje máximo aceptable (V).
- NC : 3 número de conductores.
- Ll : Longitud de la línea 17m.
- Fct : Factor de 3% (según norma).
- $V2\phi$: Voltaje entre fases 220 (V).

$$\mu = 3\% * V2\phi = 6.6 (V)$$

Ecuación 3.9. Caída de voltaje máximo [1]

Con la Ecuación 3.8 y Ecuación 3.9 se tiene el área de calibre de cable de:

$$S = 7.88 (mm^2).$$

En base al área obtenida en la Ecuación 3.9 y la tabla de calibres de la Tabla 3.4 se selecciona un calibre 8 AWG.

En la acometida se necesitaron 5 conductores: 3 conductores 8 AWG (rojo, azul y negro) para cada fase, un conductor 8 AWG (blanco) para el neutro y un conductor 8 AWG (verde) para la tierra [1].

CALIBRE	SECCIÓN NOMINAL	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR APROX.	ESPESOR AISLACIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	RESISTENCIA MÁX. A 20°C CC	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		
							DUCTO ENTERRADO (1)	DIRECT. ENTERRADO (2)	AIRE LIBRE (3)
AWG o kcmil	mm ²	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A	A
SUPERFLEX MONOCONDUCTOR VERSIONES ESTANDAR Y TC-CALIBRES AWG/kcmil									
8	8,37	3,8	0,7	8,5	142	2,1400	64	108	66
6	13,30	4,7	0,7	9,4	195	1,3700	85	139	89
4	21,20	6,0	0,9	11,1	287	0,8620	111	180	117
2	33,60	7,7	0,9	13,0	433	0,5440	146	231	158
1/0	53,50	9,4	1,0	14,9	598	0,3440	193	297	214
2/0	67,40	10,7	1,1	16,5	745	0,2730	220	337	247
3/0	85,00	11,7	1,1	17,7	849	0,2170	252	384	287
4/0	107,00	12,9	1,2	20,3	1220	0,1720	290	434	335
250	127,00	13,8	1,2	21,3	1340	0,1460	319	472	374
350	177,00	17,4	1,6	24,9	1834	0,1050	387	569	464
500	253,00	20,8	1,7	28,9	2499	0,0735	471	690	580
750	308,00	25,2	2,0	34,5	3683	0,0495	585	847	747

Tabla 3.4. Calibre de cables [7].

3.2 Diagrama de conexiones del tablero para mesas de trabajo.

En el diseño del diagrama de fuerza y maniobra se utiliza el software CADeSimu y para el unifilar el software AutoCAD [1].

Diagrama unifilar.

En el unifilar se muestran las conexiones desde el tablero principal del LTI (Laboratorio de tecnología industrial) hasta los contactores de las mesas. En el diagrama se visualiza el número de cables, la longitud de cada cable, las diferentes protecciones, los contactores y la corriente que requiere cada elemento [1].

En la Figura 3.5 se visualiza el diagrama unifilar del tablero.

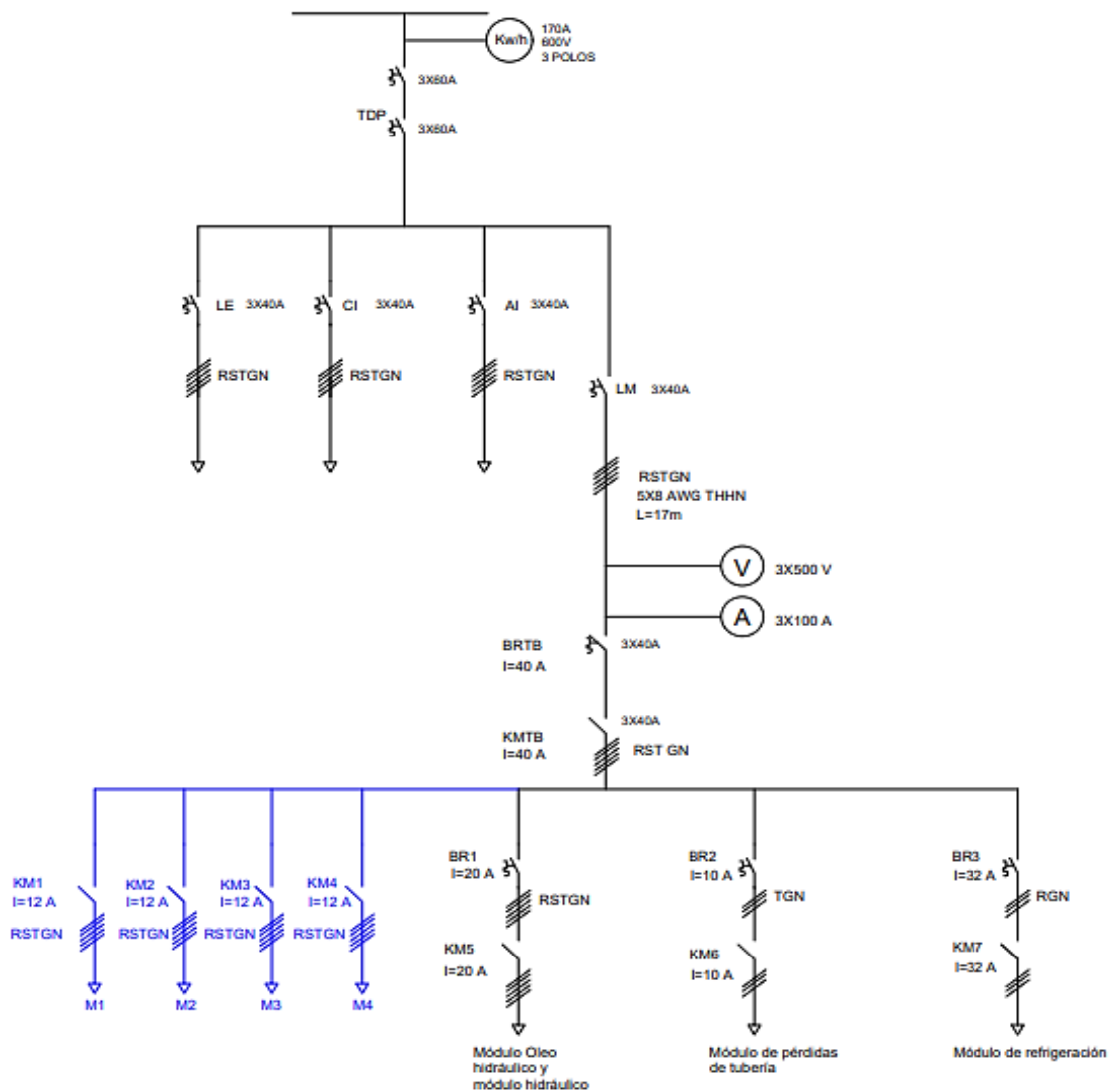


Figura 3.5. Mesas de trabajo en el diagrama unifilar.

Diagrama de conexión de los relés de pérdida de fase.

Los relés detectan cuando ocurre una falla en una línea de alimentación. Cuando ocurre la falla, el contacto normalmente cerrado (NC) deja pasar energía a la luz roja indicando la línea que tiene avería.

En la Figura 3.6 se observa los relés de pérdida de fases.



Figura 3.6. Relés de pérdida de fase [8].

En la Figura 3.7 se observa la conexión en CADeSIMU de los relés de pérdidas de fases.

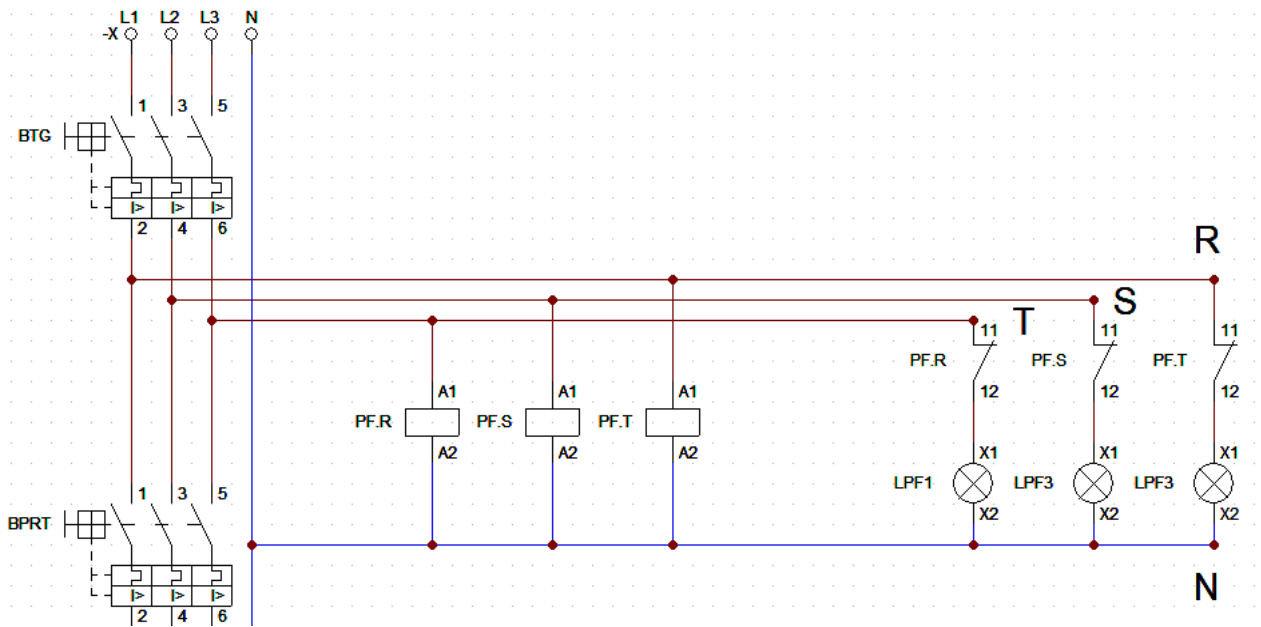


Figura 3.7. Conexión de relés de pérdidas de fases.

Diagrama de maniobra y fuerza del tablero de alimentación.

El circuito de maniobra consta de los elementos de mando que son; pulsadores de marcha y paro, paro de emergencia, los contactos normalmente abiertos de los contactores, las bobinas de los contactores y las luces indicadoras de color verde [1]

En la **Figura 3.8** muestra la conexión desde la acometida principal.

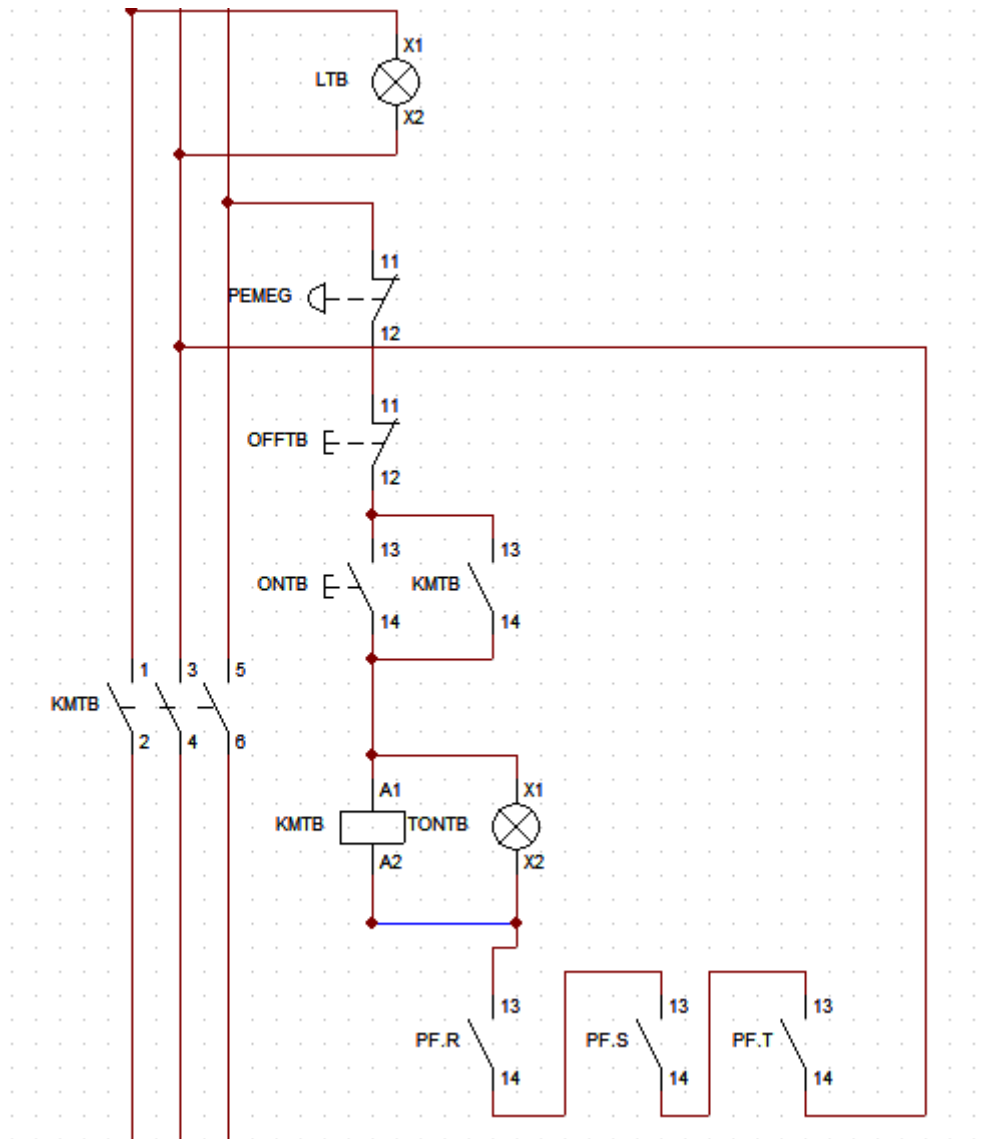


Figura 3.8. Diagrama de maniobra y fuerza para alimentación.

En la **Figura 3.9** se muestra la conexión desde las barras de potencia hacia los contactores de las mesas de trabajo.

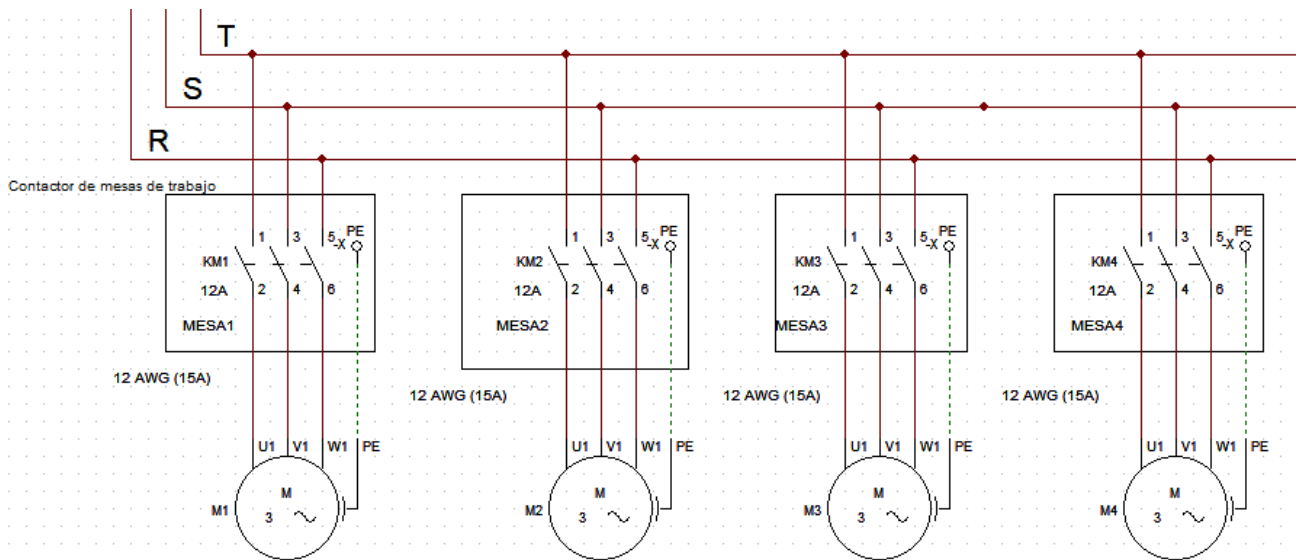


Figura 3.9. Diagrama fuerza para mesas de trabajo.

En la **Figura 3.10** muestra la conexión entre fases de los pulsadores On, Off y la bobina de los contactores de las mesas de trabajo.

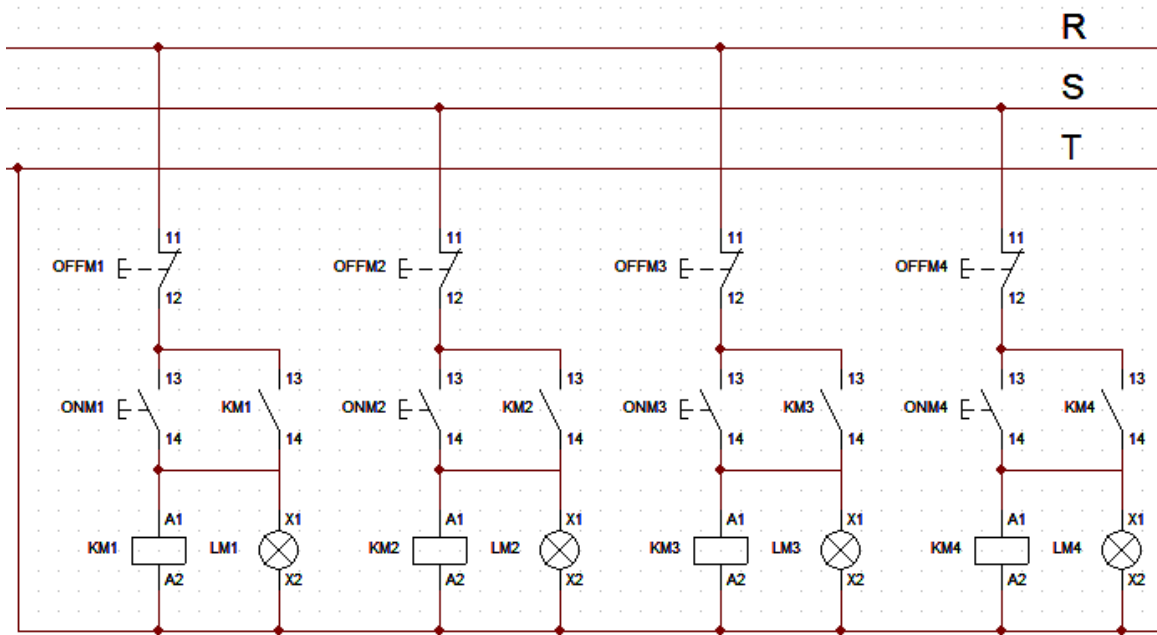


Figura 3.10. Diagrama de maniobra para mesas de trabajo.

En la Tabla 3.5 y Tabla 3.6 se muestra la nomenclatura utilizada para nombrar los elementos de protección, indicación y maniobra.

Tabla 3.5. Nomenclaturas de elementos del tablero [1].

Nomenclatura para señalar elementos del tablero.		
Interruptor automático	Principal	BRTB
	Mesas	M
Contactador	Principal	KMTB
Luz roja indicadora	Pérdida en R	LRPF R
	Pérdida en S	LRPF S
	Pérdida en T	LRPF T
Relés de pérdidas por fase	Fase - R	PF-R
	Fase - S	PF-S
	Fase - T	PF-T
Pulsadores	Paro de emergencia tipo hongo.	P-EMG
	Apagar tablero	OFF-TB
	Encender tablero	ON-TB

Tabla 3.6. Nomenclatura en contactores para mesas [1].

Número de Mesa	Contactador	Botón ON	Botón OFF	Luz verde
Mesa de trabajo 1	K-M1	ON-M1	OFF-M1	LVKM1
Mesa de trabajo 2	K-M2	ON-M2	OFF-M2	LVKM2
Mesa de trabajo 3	K-M3	ON-M3	OFF-M3	LVKM3
Mesa de trabajo 4	K-M4	ON-M4	OFF-M4	LVKM4

3.3 Instalación del tablero de alimentación en el aula 35.

Adquisición del Gabinete.

La selección del gabinete se hizo según el espacio que ocupan los elementos de protección, mando y para futuras instalaciones en el tablero de alimentación; para esto fue necesario obtener los elementos de maniobra e indicación [1].

Se adquirió un gabinete de 80 (cm) de largo × 60 (cm) de ancho 30 (cm) de profundidad (cm).



Figura 3.11. Tablero adquirido [8].

Para determinar el grado IP (International Protection) se utiliza la Tabla 3.7.:

Tabla 3.7. Grados de protección para contenedores eléctricos [4] .

Protección contra sólidos.		Protección contra líquidos.	
IP	Características	IP	Características
0	No tiene protección.	0	No tiene protección.
1	Protección, sólidos de diámetro ≥ 50 (mm).	1	Protección para goteos verticales.
2	Protección, sólidos de diámetro ≥ 12.5 (mm).	2	Protección para goteos verticales cuando la esta inclinada 15° .
3	Protección, sólidos de diámetro ≥ 2.5 (mm).	3	Resguardo para agua pulverizada.
4	Protección sólidos de diámetro ≥ 1 (mm).	4	Resguardo para salpicaduras de agua.
5	Salvaguardar contra suciedad.	5	Resguardo para chorros a presión de agua.
6	Hermético contra suciedad.	6	Protección para chorros a presión y gran potencia de agua.

Utilizando la **Tabla 3.7** se asignó una IP de grado 3 para sólidos, y para líquidos una IP de grado 0.

Instalación al interior del gabinete.

Previo a la instalación se realiza un prediseño ubicando cada elemento en el interior del tablero.

En la Figura 3.12. se visualiza la ubicación en el interior de gabinete.

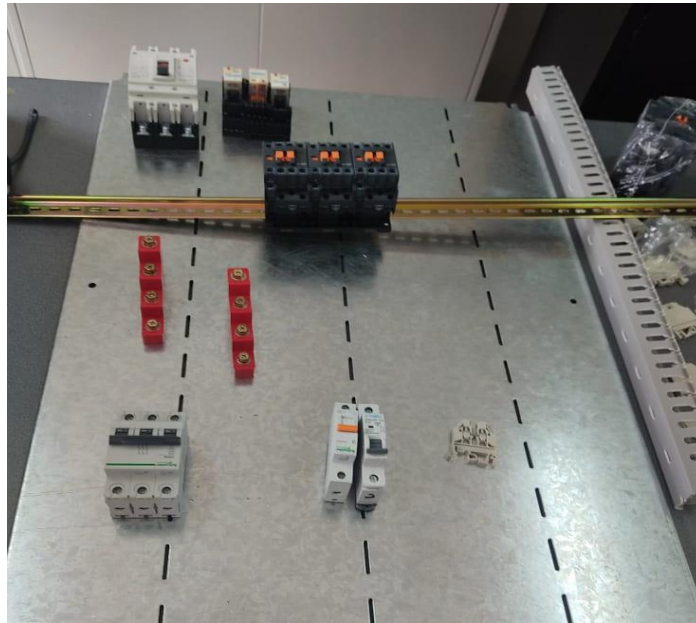


Figura 3.12. Ubicación en el interior de gabinete [8].

Ya definida la ubicación de los elementos adquiridos se instala las canaletas donde se ubica el cable, y riel din donde se colocan los contactores; como se visualiza en la **Figura 3.13.**

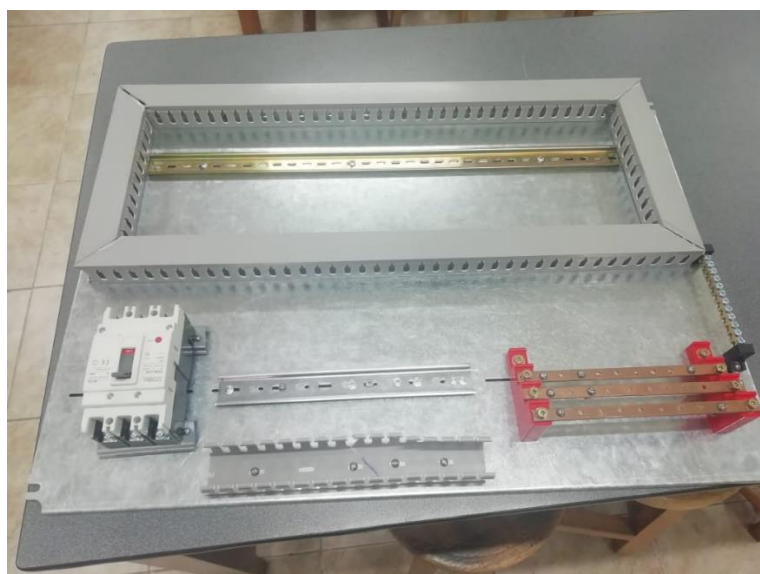


Figura 3.13. Colocación de canaletas y riel Din [8].

Se instala el interruptor de caja moldeada de 40 (A) y el contactor principal de 40 (A) que alimenta a las barras de potencia y a los contactores de mesas de trabajo de 12(A), como muestra la Figura 3.14.

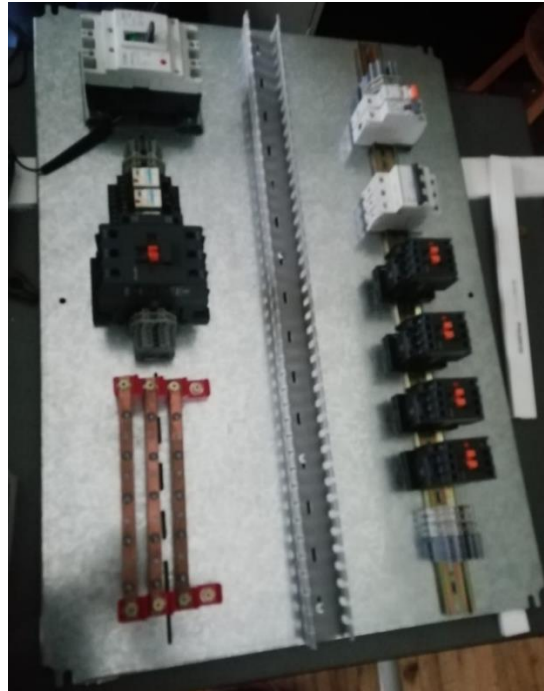


Figura 3.14. Instalación de elementos al interior de gabinete [8].

Disposición de elementos de mando e indicación.

Antes de instalar los elementos de mando, maniobra e indicación se realiza su disposición tomando en cuenta una distribución ordenada y fácil de entender [1].

Se cuadrícula y perfora la puerta del tablero con ayuda de un taladro industrial que se encuentra en el Laboratorio de Máquinas y Herramientas perteneciente a la Facultad de Ingeniería Mecánica, como se visualiza en la **Figura 3.15.** [1].



Figura 3.15. Perforación para elementos [8].

Se instalan los elementos de la parte externa del tablero como son: luz piloto amarilla para mostrar que existe energía en el tablero, luces piloto de color rojo para mostrar pérdidas de fases, luces piloto verdes para mostrar activación en mesas de trabajo y módulos, voltímetros, amperímetros tipo botón, paro de emergencia y pulsadores como se visualiza en la Figura 3.16. [1].

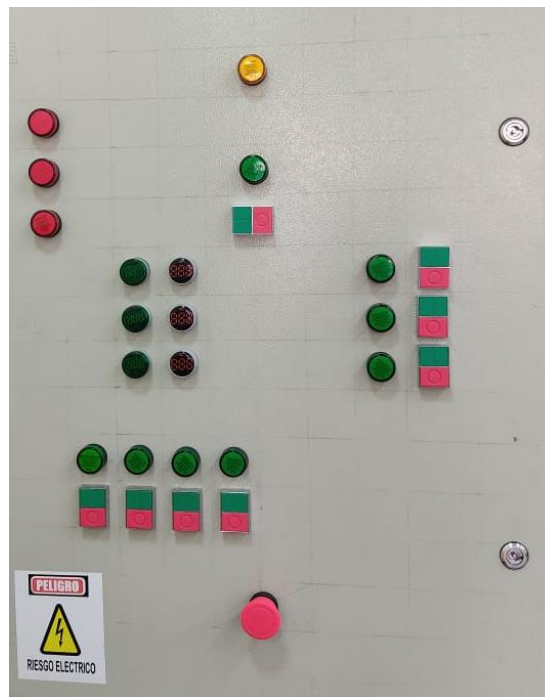


Figura 3.16. Instalación de pulsadores, voltímetros, amperímetros y luses [8].

Conexión del cableado eléctrico.

Para el cableado de la acometida se utiliza cable número 8 AWG, para conexiones del diagrama de fuerza se usó cable número 12 AWG; y, para control se utiliza cable número 14 AWG, en donde el cable rojo, azul y negro representan las fases y el cable de color blanco y verde representan el neutro y tierra [1].

Las 3 fases que vienen de la cometida son conectadas al interruptor principal de 40 (A) con el cable 8 AWG y dirigidos al contactor principal de 40 (A).

Del contactor principal se conectan con cable 8 AWG a las barras de potencia que suministran energía a todos los contactores.

Para la parte de maniobra se utiliza cable 14 AWG, conectado desde las bobinas de los contactores a cada pulsador, y del pulsador a la luz indicadora de cada mesa de trabajo.

En la Figura 3.17. se visualiza la instalación completa:

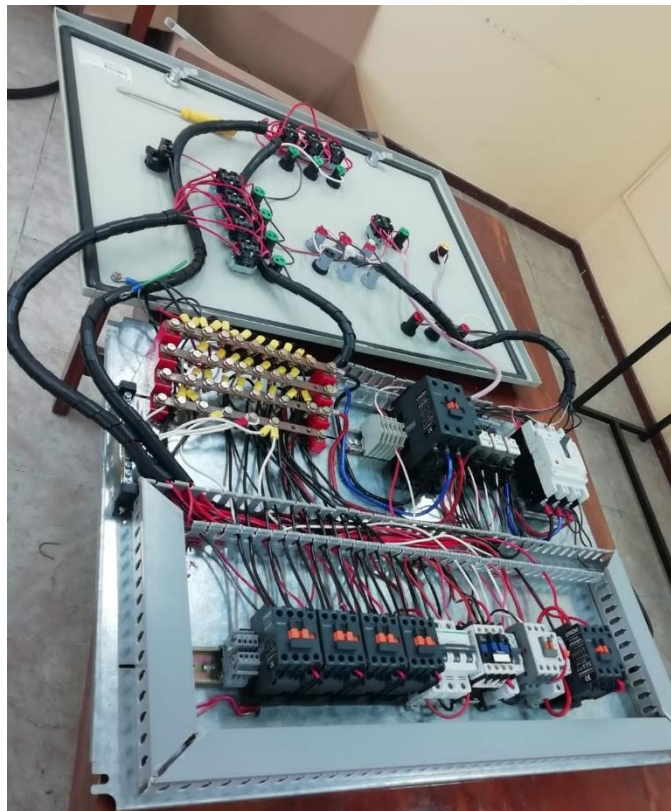


Figura 3.17. Instalación de elementos de mando e indicación [8].

Etiquetado de conexiones.

Para facilitar la instalación e identificación de los elementos que conforman el interior del tablero de alimentación se utilizan etiquetas con el nombre de la conexión, como se visualiza en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Referencia de etiquetas [1].

Elemento	Características	Partes	Ejemplo de nomenclatura
Contactor	Principal	Bobina	KMTB-A1, KMTB-A2
	Mesas	Bobina	KM#-A1, KM#-A2
		Contactos Principal	KM#-R, KM#-S, KM#-T
		Contactos Secundario	KM#-13, KM#-14
Luz Verde	Contactor Principal	Terminales del cable	LVTB-X1, LVTB-X2
	Mesas	Terminales del cable	LVKM#-X1, LVKM#- X2
Pulsador tipo hongo.	Paro de emergencia	Terminales del cable	PEME-X1, PEME-X2
Pulsador mesas On.	Mesas de trabajo.	Terminales del cable	OFFM#-11, OFFM#-12
Pulsador mesas Off.	Mesas de trabajo.	Terminales del cable	ONM#-13, ONM#-14

Se coloca el etiquetado según la Tabla 3.8 como se visualiza en la Figura 3.18.



Figura 3.18. Etiquetado de contactores, cables y pulsadores. [8].

Para la parte exterior del gabinete se utiliza etiquetas para señalar la función que cumple cada pulsador según la disposición del tablero, teniendo como resultado la Figura 3.19.



Figura 3.19. Etiquetado al exterior del tablero [8].

Ubicación en el tablero de alimentación en el aula 35.

Para ubicar el tablero se tomó en cuenta la disposición del aula 35 y fue instalado a 1.15 (m), como muestra la Figura 3.20.

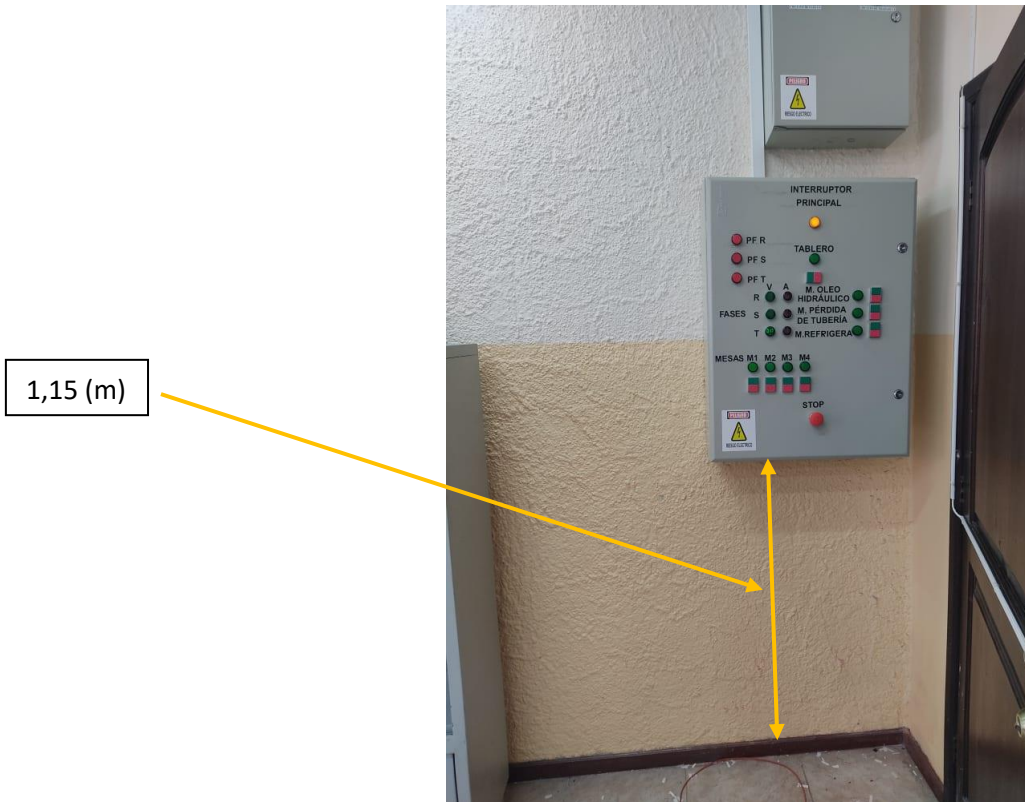


Figura 3.20. Tablero ubicado [8].

Para verificar la construcción de forma correcta del tablero de alimentación se realizaron pruebas eléctricas y mecánicas [1].

3.4 Pruebas de funcionamiento en mesas de trabajo.

Pruebas de continuidad.

Se selecciona la función de continuidad en un multímetro para verificar la correcta instalación de los cables que alimentan los contactores para cada mesa de trabajo [1].

El ensayo se realiza en los cables de las fases L1 (R), L2 (S), L3 (T), desde las barras de potencia hasta la entrada del contactor [1].

En la Tabla 3.9. se encuentran los datos obtenidos en la prueba.

Tabla 3.9. Prueba de continuidad en fases [1].

Fase	Mesa N.- 1	Mesa N.- 2	Mesa N.- 3	Mesa N.- 4
L1 (R)	✓	✓	✓	✓
L2 (S)	✓	✓	✓	✓
L3 (T)	✓	✓	✓	✓

Con los datos obtenidos se verifica que las líneas de alimentación a los contactores están correctamente instaladas.

Prueba de pulsadores.

La prueba se realiza presionando pulsadores de encendido (On) y de desactivación (Off).

En la parte mecánica se verifica que los pulsadores regresen a la normalidad después de ser presionados [1].

En la parte eléctrica se verifica si energiza de manera correcta al contactor [1].

En la **Tabla 3.10** se visualizan los datos de la prueba de pulsadores.

Tabla 3.10. Prueba de pulsadores on y off [1].

Pruebas de funcionamiento de los pulsadores on y off.								
	Pulsador ON				Pulsador OFF			
	Eléctrica		Mecánica		Eléctrica		Mecánica	
Mesas	Energiza	No energiza	Regresa	No regresa	Regresa	No regresa	Regresa	No regresa
Mesa N.- 1	✓		✓		✓		✓	
Mesa N.- 2	✓		✓		✓		✓	
Mesa N.- 3	✓		✓		✓		✓	
Mesa N.- 4	✓		✓		✓		✓	

Con los datos de la **Tabla 3.10** se comprueba el correcto funcionamiento pulsadores de mesas de trabajo.

Prueba del paro de emergencia.

Es necesario energizar el tablero en su totalidad y se presiona el pulsador de emergencia comprobando su correcto funcionamiento y no retorno del paro de emergencia tipo hongo.

En la Tabla 3.11. se visualiza los resultados del funcionamiento del paro de emergencia.

Tabla 3.11. Prueba para el paro de emergencia [1].

Pruebas de funcionamiento del paro de emergencia				
	Eléctrica		Mecánica	
	Energiza	Des energiza	Retorna	No retorna
General	✓			✓
Mesa N.-1	✓			✓
Mesa N.-2	✓			✓
Mesa N.-3	✓			✓
Mesa N.-4	✓			✓

Con los resultados tomados en la **Tabla 3.11** verifica que el paro de emergencia funciona de forma óptima.

Prueba de funcionamiento de los elementos de indicación.

Se visualiza el funcionamiento óptimo de luces piloto verde y amarilla que se muestran al energizar el tablero.

Tabla 3.12. Tabla de funcionamiento de luces piloto [1].

Elemento	Verde		Amarillo	
	Prende	No prende	Prende	No prende
Interruptor principal.			✓	
Mesa N.-1	✓			
Mesa N.-2	✓			
Mesa N.-3	✓			
Mesa N.-4	✓			

Con los resultados obtenidos se verifica el correcto funcionamiento de luces indicadoras verde y amarilla.

Prueba de caída de voltaje en líneas de alimentación de mesas de trabajo.

La prueba se realiza tanto a plena carga como en vacío, y se toma datos de voltajes, obteniendo los datos de la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Voltaje de entrada en el tablero de alimentación [1].

Voltaje en entrada del tablero (V)		
Línea	Vacío	A plena carga
R - N	122	120.1
S - N	123	121.2
T - N	122	121.1
R - S	212.5	212.1
S - T	216.2	215.2
R - S	215.3	214.2

Prueba para el circuito de pérdida de fase.

Se desenergiza cada una de las fases del tablero general del laboratorio de tecnología industrial observando el comportamiento de las bobinas de pérdida de fase en el tablero del aula 35 [1].

En la Tabla 3.14 se visualiza los datos obtenidos en la prueba.

Tabla 3.14. Tabla de prueba del circuito de pérdida de fase [1].

Prueba de pérdida de fase.			
Des energiza fase en:	Luces piloto rojas		
	Fase L1 (R)	Fase L2 (S)	Fase L3 (T)
Fase L1 (R)	✓		
Fase L2 (S)		✓	
Fase L3 (T)			✓

Con los datos obtenidos se comprueba la correcta funcionalidad del circuito de pérdida de fase.

3.5. Manual de usuario y mantenimiento.

Mediante el código QR de la Figura 3.21. se accede al video del manual de usuario del tablero de alimentación del aula 35.



Figura 3.21. Código QR del manual de uso.

4 CONCLUSIONES

- Para el dimensionamiento de los contactores para la mesa de trabajo se tomaron como referencia dato de potencia obtenida de 1731.7 (W).
- Es importante utilizar contactores de categoría AC-3 ya que están diseñados para diferentes aplicaciones y cargas.
- Para el circuito de control se utiliza cable 14 AWG ya que los elementos de mando seleccionados consumen poca corriente.
- Para el dimensionamiento del interruptor principal de 40 (A) de toma en cuenta la corriente suministrada por el laboratorio de tecnología industrial (LTI).
- Se instaló la acometida principal para el tablero del aula 35 cumpliendo con la caída de tensión máxima según la norma NEC.
- En las pruebas de funcionamiento se comprueba la correcta instalación de los contactores de mesas de trabajo, tanto en la parte mecánica como la eléctrica.
- El video del manual de usuario y mantenimiento permite a los estudiantes utilizar de forma correcta el tablero.

5 RECOMENDACIONES

- Para el dimensionamiento del interruptor automático se tiene que visualizar las protecciones del tablero principal con el fin de obtener el valor de corriente máximo que soporta el tablero construido.
- Se recomienda adquirir contactores y disyuntores industriales por su robustez y durabilidad.
- Se recomienda visualizar el manual de usuario antes de usar y realizar actividades de mantenimiento en el tablero implementado.
- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo cada 6 meses para garantizar el pleno funcionamiento del tablero.
- Se recomienda etiquetar cada uno de los cables utilizados en la conexión para facilitar el mantenimiento en un futuro.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] L. A. E. L. y. J. V. Lara, «Implementación de un tablero general para el laboratorio de tecnología industrial,» Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), Quito, 2021.
- [2] M. d. D. U. y. V. (MIDUVI), NEC Norma Ecuatoriana de la construcción (Instalaciones Eléctricas), Quito, 2008.
- [3] C. M. O. Sadiku, Fundamentos de circuitos eléctricos 5ta edición., 2013.
- [4] L. M. 1. e. CAERDÁ FILIU, Electricidad y automatismos eléctricos., Madrid: Paraninfo. S.A..
- [5] C. M.-C. d. I. c. d. Quito, NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción (Instalaciones Electromecánicas, Quito, 2013.
- [6] P. A. S. Miguel, Electrónica, Madrid: Google libros 5ta edición , 2011.
- [7] C. Superflex, «Cable Superflex | Sustancias químicas | Cantidades físicas,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/545416104/Cable-Superflex>. [Último acceso: 17 Enero 2021].
- [8] J. Chacón, Artist, *Fotografías del tablero del aula 35*. [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2022.
- [9] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [10] ". F. Raskop and L. Ibañez, Bobinado Máquinas Eléctricas., 2020.
- [11] «Conelsa,» Conelsa, 2021. [En línea]. Available: <https://conelsa.com.ec/uploads/product/alambres-y-cables-de-cobre-tipo-thw-600-v-75.pdf>. [Último acceso: 1 Agosto 2021].

7 ANEXOS

ANEXO I. Reporte de similitud generado por turnitin.

ANEXO II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular

ANEXO III. Diagrama unifilar de mesas de trabajo.

ANEXO IV. Plano de control

Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin

DMQ, 28 de enero de 2022

Yo, Catalina Elizabeth Armas Freire, como Directora del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Fecha de entrega: 01-feb-2022 12:44p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 1752858720
Nombre del archivo: TrabajoTitulacionChac_n.pdf (1.75M)
Total de palabras: 6343
Total de caracteres: 34962

TESIS(JONATHAN JOSUE CHACON MANOSALVAS)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	4%
2	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	3%



DIRECTORA

Ing. Catalina Elizabeth Armas Freire., Msc.

Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular

DMQ, 28 de enero de 2022

Yo, Catalina Elizabeth Armas Freire, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como directora de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de un tablero de alimentación para el aula 35 de la ESFOT, el cual fue implementado por el estudiante Jonathan Josué Chacón Manosalvas.

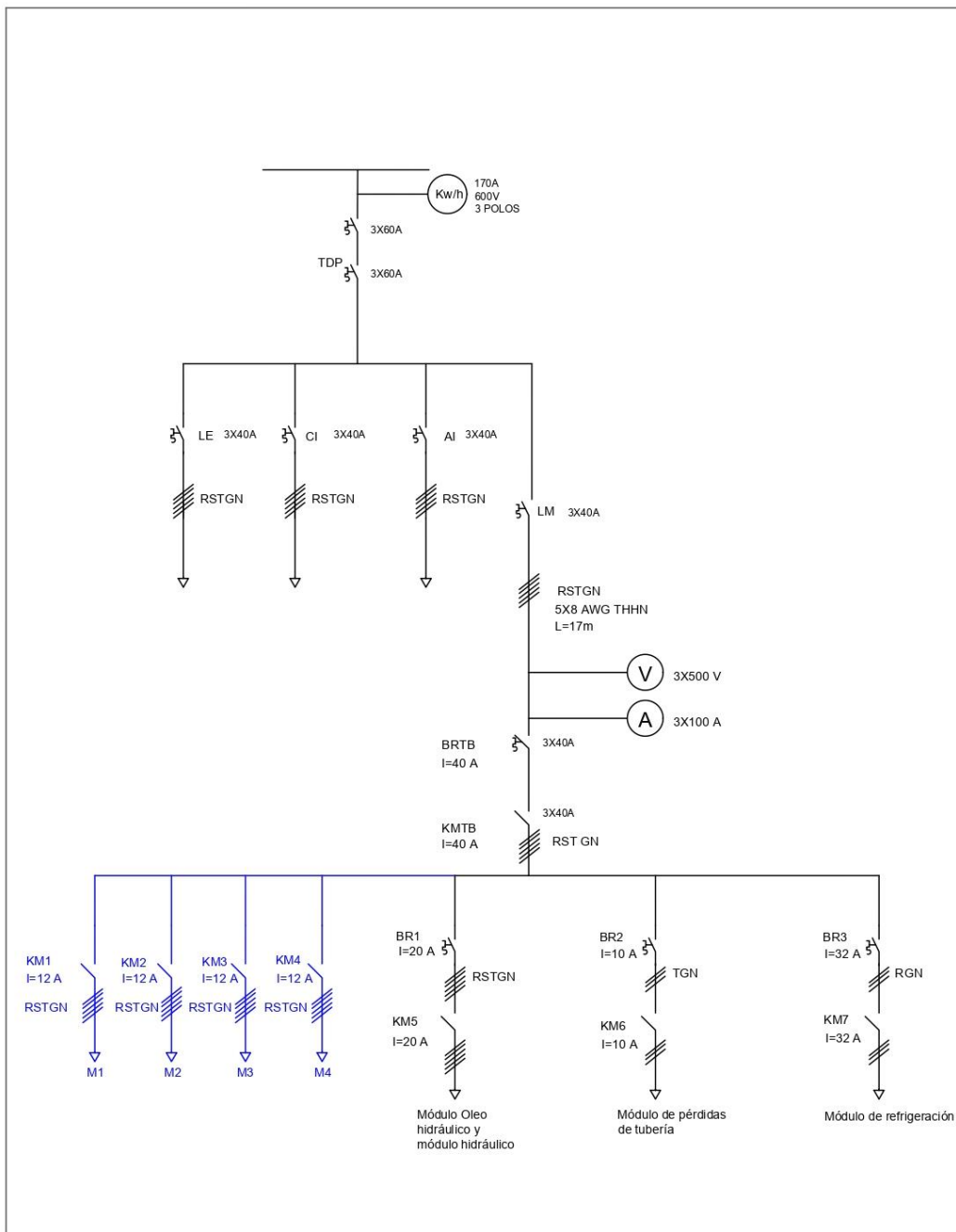
El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.



DIRECTORA
Ing. Catalina Elizabeth Armas Freire., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28
Correo: Elizabeth.armas@epn.edu.ec | **Ext:** 2729

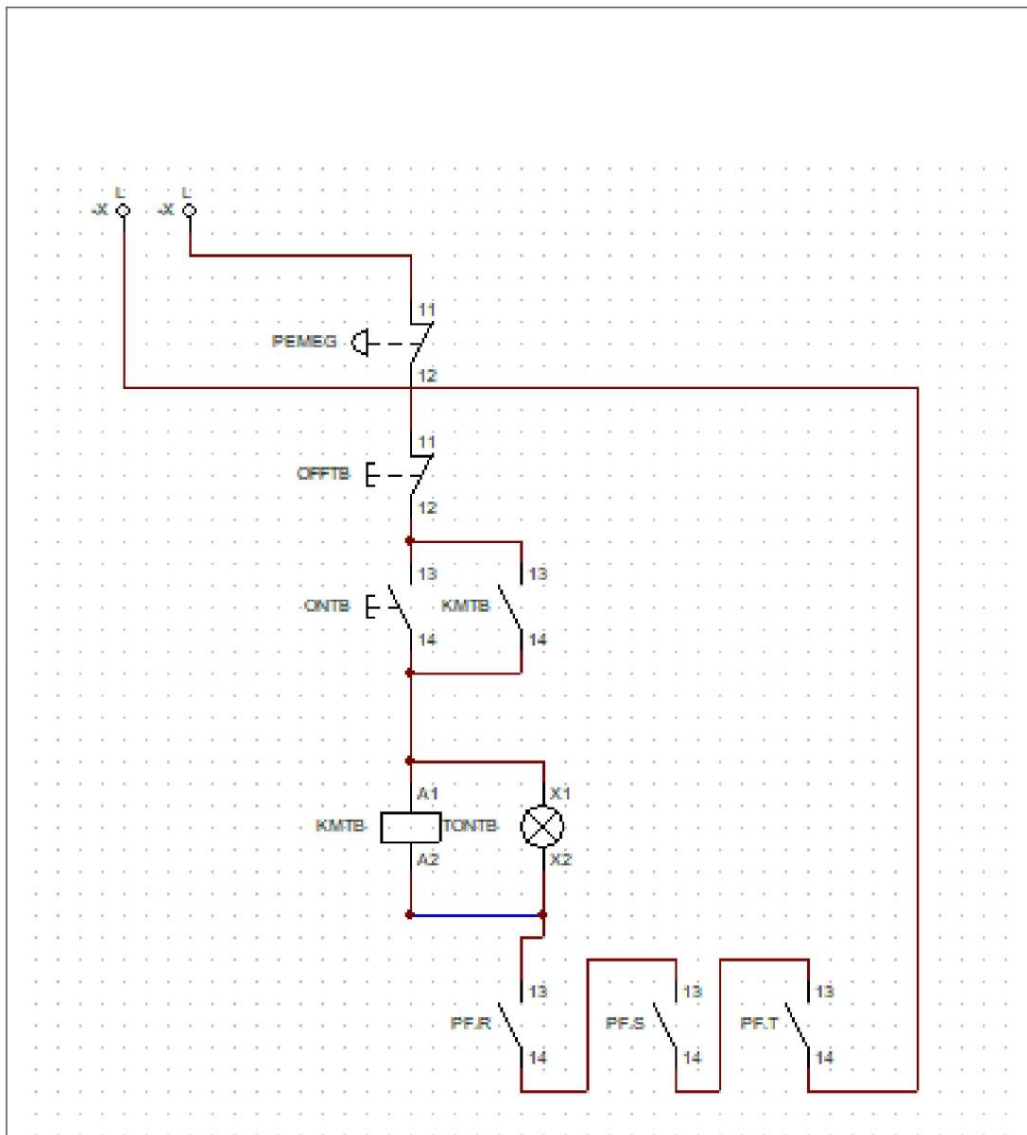
ANEXO III. DIAGRAMA UNIFILAR DE MESAS DE TRABAJO.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Diagrama unifilar de mesas de trabajo	TRATAMIENTO TÉRMICO:	MATERIAL:
	ESCALA:	FORMATO:
DISEÑADO POR: Jonathan Chacón	FECHA:	DIBUJO N°:

ANEXO IV. PLANO DE CONTROL



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

DIAGRAMA DE CONTROL	TRATAMIENTO TÉRMICO:	MATERIAL:
	ESCALA: 1:1	FORMATO: A4
DISEÑADO POR: Jonathan Chacón	FECHA:	DIBUJO N°: