



Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico de instalación Eléctrica con Capacidad de carga 45 KVA

Brandon Darío Gutiérrez Caicedo

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

2022

Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico de instalación Eléctrica con Capacidad de carga 45 KVA

Brandon Darío Gutiérrez Caicedo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Título (Ph.D., Doctor, Ingeniero, etc.) y nombre del director(a)

Codirector (a):

Título (Ph.D., Doctor, Químico, etc.) y nombre del codirector(a)

Línea de Investigación:

Nombrar la línea de investigación en la que se enmarca el trabajo de grado.

Grupo de Investigación:

Nombrar el grupo en caso que sea posible

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2022

Le dedico este próximo logro y este proyecto a Dios, a mis padres que nunca me dieron la espalda y a mi hija que quizás a la fecha en que tenga mi certificado ya haya nacido. No ha sido fácil este camino, pero he aprendido mucho, también dedico este proyecto a los futuros ingenieros y graduados, dándoles como consejo a nunca quitarle el lugar a Dios y jamás rendirse por más que nos critiquen o veamos las cosas imposibles.

Agradecimientos

Primeramente, le doy gracias a Dios por siempre ayudarme en todo este trayecto que, aunque no fue como esperé y tuve muchos obstáculos siempre el me dio una salida, le doy gracias a mis padres que siempre me dieron su apoyo y nunca me negaron nada incluso sin merecer, le agradezco a la ingeniera Laura López egresada de la universidad Antonio Nariño por siempre ayudarme de manera motivacional y siempre estando ahí para darme ideas, y mejorar en muchos aspectos. Ante todo, siempre poniendo a Dios en primer lugar y nunca olvidando que los tiempos de Dios son perfectos.

Resumen

Este proyecto se enfoca en el suministro de tablero eléctrico didáctico para el fortalecimiento de las prácticas necesarias en el laboratorio de la facultad de Electromecánica de la universidad Antonio Nariño Villavicencio, tener conocimiento del estado del laboratorio es necesario para saber los requerimientos que la población estudiantil espera para su formación.

Hay que resaltar que la educación en Colombia se ve afectada por falta de oportunidades e implementos necesarios para garantizar una mejor comprensión por parte de los estudiantes, este proyecto busca aportar un implemento para la educación practica y mejorar la calidad de los futuros profesionales de la universidad Antonio Nariño.

Palabras clave: Circuito eléctrico, conductor eléctrico, subestación, tablero eléctrico, contactor, relé, voltaje, amperios.

Abstract

This project is focused on the supply of a didactic electric board to strengthen the necessary practices in the laboratory of the electromechanics faculty of the Antonio Nariño University in Villavicencio, in order to have knowledge about the condition of the laboratory is necessary to know the requirements that the population of students expects for their formation.

It should be noted that Colombian education is affected by a lack of opportunities and necessary equipment to ensure a better understanding by students, this project seeks to provide an implement for practical education and improve the quality of future professionals at the Antonio Nariño University

Keywords: Electrical circuit, electrical conductor, substation, electrical panel, contactor, relay, voltage, amps.

Contenido

1. Planteamiento del Problema.....	3
1.1 Justificación	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivos General	5
1.3 Alcance	6
2. Marco Teórico.....	7
2.1 Marco Conceptual	7
3. Metodología	17
4. Resultados.....	21
4.1 Estudio de cargas	21
4.2 Diseño de Tablero y Análisis de Materiales	23
4.2.1 Análisis de Materiales	26
4.3 Construcción de Tablero Didáctico	31
5. Conclusiones y recomendaciones.....	42
5.1 Conclusiones	42
5.2 Recomendaciones	43
6. Bibliografía	45
7. ANEXOS.....	47

Lista de figuras

Figura 1 Ejemplo Circuito Eléctrico Básico	7
Figura 2 Estructura cable eléctrico	9
Figura 3 Esquema de cortocircuito	11
Figura 4 Ley corriente Kirchhoff.....	12
Figura 5 Ley trayectoria cerrada.....	13
Figura 6 Ley Kirchhoff en paralelo.....	13
Figura 7 Diagrama arranque estrella triangulo.....	15
Figura 8 Ejemplo inversor de giro.....	16
Figura 9 Sistema control de nivel por medio de flotadores.....	16
Figura 10 Diagrama de flujo	17
Figura 11 Cuadro de cargas tablero didáctico	18
Figura 12 Pruebas laboratorio electromecánico.....	22
Figura 13 Visita laboratorio electromecánico	23
Figura 14 Diagrama Unifilar Inversión de giro.....	24
Figura 15 Diagrama unifilar estrella triangulo con temporizador	25
Figura 16 Diagrama Unifilar 3.....	25
Figura 17 Material eléctrico para tablero.....	28
Figura 18 Diseño tablero didáctico externo.....	29
Figura 19 Diseño Tablero didáctico interno	30
Figura 20 Armario metálico.....	31
Figura 21 Armario metálico base para el tablero	32
Figura 22 Construcción Tablero	33
Figura 23 Construcción Tablero Didáctico	33
Figura 24 Instalación módulo de transferencia	34
Figura 25 Construcción de tablero interno	35
Figura 26 Instalación de divisiones.....	36
Figura 27 Construcción de tablero didáctico.....	37
Figura 28 Montaje modulo inferior	38
Figura 29 Construcción de tablero didáctico 2.....	39
Figura 30 Construcción módulos de practicas	40
Figura 31 Construcción de tablero eléctrico didáctico.....	41

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1 Normas de seguridad	44
-----------------------------------	----

Lista de Símbolos y abreviaturas

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Símbolo general de la resistencia eléctrica		Tomacorriente
	Diodo rectificador común		Interruptor automático
	Corriente continua CC	Cable color rojo	Positivo
	Corriente alterna AC	Cable color negro	Negativo
	Polaridad positiva	W	Vatios (Potencia)
	Polaridad negativa	ON	Encendido
	Lámpara, símbolo general	OFF	Apagado
	Interruptor normalmente abierto	V	Voltímetro
	Batería o acumulador	A	Amperímetro
KW	Medidor		Tomacorriente trifásico
	Tablero general	S	Interruptor simple
	Salida para luz	S ₁	Interruptor doble
	Salida para alumbrado en la pared	S _c	Interruptor de conmutación simple
	Tomacorriente simple bipolar		Pulsador
	Tomacorriente doble		Zumbador
	Salida para timbre		Tierra
P	Caja de unión (pase) en el techo		Circuito de alumbrado
P	Caja de unión (pase) en la pared		Circuito de tomacorrientes
	Circuito en conductor colgado del techo		

Introducción

La electricidad es la fuente básica para actividades en cualquier industria, residencia o empresa, para el desarrollo de un país la educación es lo mas importante por esta razón mejorar el sistema de enseñanza es primordial para un estudiante debido a que son conceptos básicos. Este proyecto se enfoca en brindar una herramienta para pruebas didácticas, y ser una fuente continua de enseñanza para los estudiantes.

En el presente documento se realiza la investigación de la necesidad de los estudiantes de la facultad de electromecánica que requieren un tablero didáctico para su respectivo estudio y prácticas. El diseño de circuitos requiere un cuadro de cargas y distribución necesaria con base a la normativa y requerimientos, este con el fin que cumpla la mayor parte de necesidades que los estudiantes necesiten en el área de prácticas.

Conocer la continuidad que la población estudiantil utiliza el laboratorio de prácticas favorece para tener idea de que tan completo se requiere el tablero didáctico, adicionalmente las dimensiones más adecuadas y con una capacidad máxima de 45 kva. Para la ejecución de este proyecto hay que tener presente las especificaciones que se encuentran dentro de la norma NTC 2050. La cual nos habla sobre los requisitos necesarios dentro de una instalación eléctrica residencial, industrial, construcciones u otros. Evalúa los aspectos de seguridad, parámetros aplicados y validados mundialmente. [1].

1. Planteamiento del Problema

En este proyecto se identifica que en la facultad de electromecánica la población estudiantil no cuenta con un tablero didáctico que permite el estudio y práctica de manejo de distribución de cargas este proyecto se complementará varios estudios prácticos como conocimientos de fases, calibre de cable y breaker a utilizar para una carga máxima de 45 KVA.

Hay que tener presente que la educación es un aspecto primordial para futuros profesionales de nuestro país, este proyecto brindara mejorar la calidad educativa de la facultad y mejorar la educación a futuros profesionales; durante mi estadía en las instalaciones de la universidad presencie al igual que varios compañeros la falta de prácticas que mejoran la comprensión de diferentes reacciones que puede tener la parte eléctrica al recibir una carga no adecuada y como resolverlo. [2] Actualmente los avances tecnológicos permiten mejores recursos para la enseñanza y la pedagogía utilizada se ha vuelto insuficiente para la educación, es necesario adaptarse a los cambios que se generan constantemente, utilizar nuevos procesos de enseñanza tácticos mejoran la educación y fortalece los conocimientos empíricos que los estudiantes pueden ofrecer.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, ¿cómo el aporte de un tablero didáctico eléctrico mejora la adquisición de conocimientos?, ¿Qué capacidades tiene el tablero didáctico para brindarle apoyo al docente? Y muchas más inquietudes se generan con la propuesta en este proyecto de hacer uso de herramientas prácticas para el proceso de formación. Hay que tener presente que el área técnica es importante dentro de la educación en el área de la electricidad ya que incrementa la confianza y afianzar las competencias del individuo. [3]

1.1 Justificación

De acuerdo a las instalaciones actuales de la universidad Antonio Nariño en Villavicencio, se requiere complementación del área de prácticas, la facultad de electromecánica solo cuenta con motores mecánicos, tablero hidráulico, así mismo no se cuenta con implementos necesario para una práctica del área eléctrica. La población estudiantil requiere de una formación complementaria y el fortalecimiento de la misma.

Adicionalmente la utilización de la normativa NTC 2050 es relevante ya que contiene disposiciones necesarias para la seguridad de la instalación, cabe resaltar que el seguimiento de estas normas no significa que sea un manual de la instalación o marcar especificaciones del diseño, solo genera unas pautas para la instalación.

La importancia de entender el funcionamiento de conexiones eléctricas garantiza que el alumno tiene la capacidad de enfrentarse a varias problemáticas y realizar análisis, aplicar conceptos teóricos y solucionarlos. Por esta razón una herramienta didáctica de esta amplitud es adecuada para afianzar y proporcionar a los docentes mayor fluidez en el aula de clases y preparar a los estudiantes para aplicaciones reales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos General

Diseñar y construir un tablero didáctico de distribución eléctrico de capacidad de 45 Kva.

1.2.1.1 Objetivos Específicos

- Análisis de estudio de cargas de acuerdo a la capacidad, tensión, proyecciones y factores a intervenir en el tablero didáctico.
- Selección de materiales correspondiente para tablero didáctico y ejecución del inventario de cantidades unitarias para construcción de tablero didáctico de 45 kva.
- Construcción de tablero didáctico de 45 kva para laboratorio estudiantil.

1.3 Alcance

Para la identificación del alcance de un proyecto se establece de acuerdo al objetivo que se busca alcanzar y resolver la problemática expuesta. En este proyecto nuestra problemática se encuentra en el laboratorio de electromecánica sede Villavicencio de la universidad Antonio Nariño.

Establecer una herramienta didáctica para las prácticas de los estudiantes don de logren identificar en diferentes escenarios las fallas que se presentan debido a tensión alta, mal conexión y otros, y brindar una solución con respectivo seguimiento. Este aporte estratégico para la educación de la comunidad estudiantil sería una herramienta de apoyo para la enseñanza del área técnica y un refuerzo para la parte empírica del usuario por los conocimientos científicos del docente, así mismo crecimiento a los procesos pedagógicos.

Con el presente trabajo y análisis de la investigación obtenida, cumpla los beneficios en los cuales los estudiantes mejoren sus destrezas y fortalezcan su nivel de experiencia en compañía del docente de la universidad Antonio Nariño, ya que de este modo de elevar la participación y fortaleza de los conocimientos implantando mejores estrategias para el desarrollo de las habilidades de la comunidad educativa.

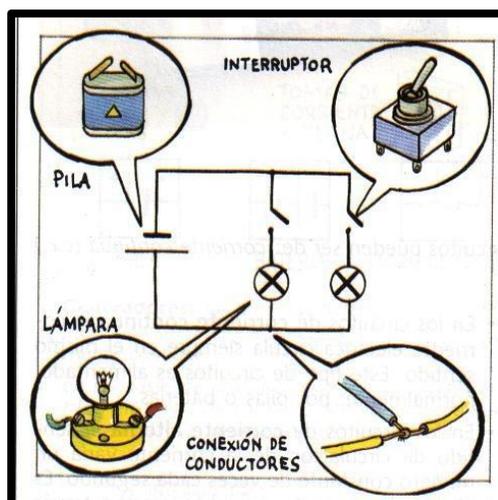
2. Marco Teórico

2.1 Marco Conceptual

Dentro de las instalaciones eléctricas se debe tener claro varios conceptos básicos para la comprensión y permiten la ejecución de manera más apropiada cada instalación eléctrica. A continuación, se mencionan algunos de los conceptos más relevantes e importantes dentro de este proyecto y su ejecución.

Circuito Eléctrico: este hace referencia a la conexión eléctrica que se realiza de acuerdo a la funcionalidad que recibirá dicha red, su nivel de complejidad será de acuerdo a la necesidad y funcionalidad, pero siempre requiere de un número de componentes para transmitir la energía al objetivo final.

Figura 1 Ejemplo Circuito Eléctrico Básico



Fuente: Google imágenes

Dentro de los componentes de un circuito eléctrico se puede encontrar diferentes componentes como: conductores, interruptores, cables, resistencias, condensadores; y su representación gráfica se le denomina diagrama eléctrico el cual puede observarse cada uno de los componentes del circuito.

Los Tableros Eléctricos: se consideran gabinetes en donde se puede encontrar dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, distribución y otros, que permiten el funcionamiento adecuado de una instalación eléctrica. De acuerdo a lo anterior existen diferentes tipos de tableros los cuales tienen una funcionalidad de acuerdo a la utilización que se requiera, por ejemplo, están los tableros de distribución son los que conecta con la red eléctrica principal y su funcionalidad es la derivación de los circuitos secundarios de la red. Los tableros eléctricos normalmente tienen las siguientes aplicaciones:

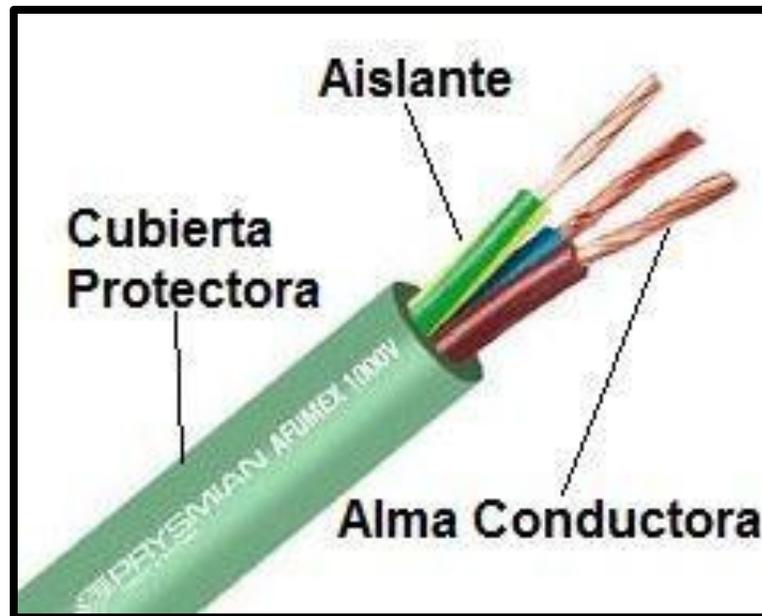
- Subestación
- Tablero distribución
- Centro de control
- Celdas seccionamiento
- Centro de cargas (uso residencial)

Adicionalmente los tableros son un conjunto de partes eléctricas que permiten la transformación de la energía para el requerimiento del usuario, dentro de este grupo de componentes se encuentra los siguientes:

Cables y Conectores: Los conectores eléctricos son utilizados para realizar la conexión de los cables eléctricos o elementos de un circuito, de igual manera se conocen las terminales eléctricas cuya función es unir cable con un aparato eléctrico.

Conductor Eléctrico: El conductor eléctrico es aquel que permite el paso de la corriente eléctrica y esta es la parte interior que encontramos en los cables utilizados para las instalaciones eléctricas, adicionalmente la selección del calibre del cable a utilizar es de acuerdo a la capacidad de tensión que puede soportar.

Figura 2 Estructura cable eléctrico



Fuente: Google imagenes

Tableros Didácticos:

Un tablero didáctico o pedagógico cumplen con la única función de ser el apoyo para realizar una actividad de la forma más correcta posible, los cuales se denominan como herramienta o recurso que favorece la enseñanza y aprendizaje. Esta metodología de aprendizaje cuenta con unas ventajas en el momento de su uso, algunas de estas son:

- ❖ Maximiza la motivación del estudiante.
- ❖ Fortalece la eficiencia del aprendizaje.
- ❖ Amplía el campo de experiencia del estudiante

- ❖ El estudiante recibe el tema de manera más directa y su tiempo de explicación disminuye.
- ❖ Adquisición de experiencia práctica.

Entre muchas otras ventajas como para el estudiante como para el docente, que lo vuelve uno de los métodos más viables, para sistemas manuales.

Sistema de alimentación y protección:

- Voltaje alterno
- Sistema puesta tierra
- Protección termomagnética
- Pulsador de emergencia
- Y otros

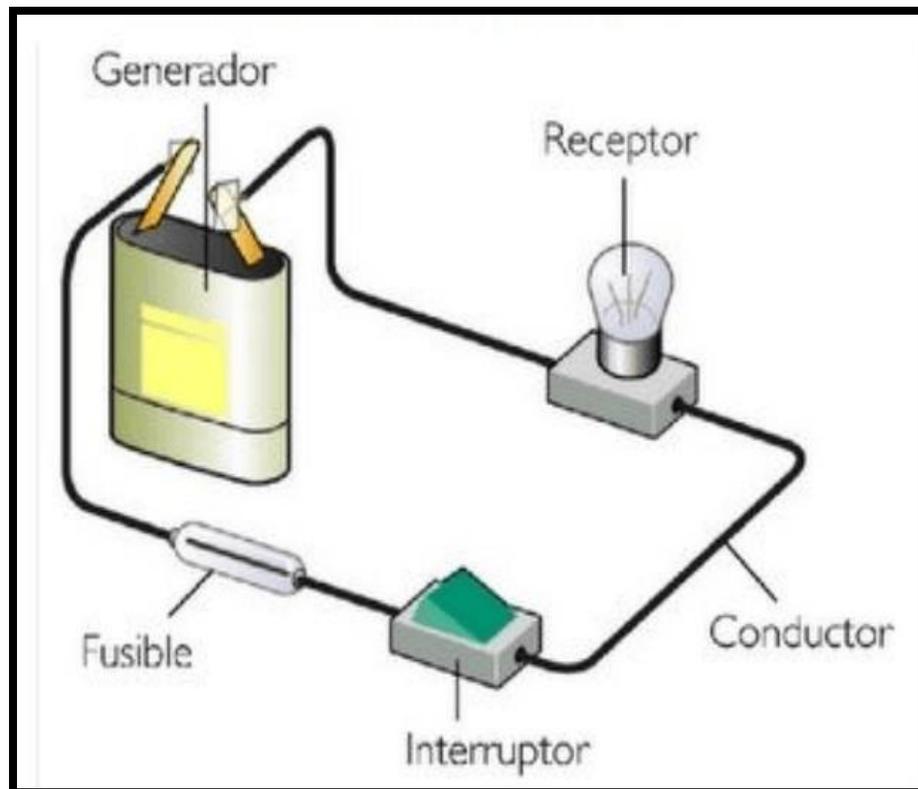
Adicionalmente en la construcción de una instalación eléctrica hay que tener presente el criterio del diseño el cual nos define hasta que alcance llega el circuito, y este debe determinar el correcto funcionamiento de todos los equipos vinculados al sistema eléctrico, para llevar a cabo un desarrollo adecuado de las prácticas planteadas por el usuario y su necesidad. Además, otro aspecto a tener presente dentro de una instalación de eléctricas son las medidas de seguridad necesarias para el cumplimiento de la normativa vigente.

Ya que la mayor prioridad en una instalación es velar por la integridad de los usuarios, lo que lleva a plantear las medidas de protección adecuada para los equipos involucrados y de este modo garantizar su seguridad añadiendo la conservación con una ejecución en óptimas condiciones. Cabe resaltar que hay que tener presente la capacidad máxima que soporte la instalación con su debida señalización visible y precisas, además de delimitar la zona en la cual puede acceder el usuario.

Cortocircuito:

Es una conexión de las terminales de un circuito eléctrico, lo cual conlleva a una anulación de la resistencia del circuito, lo cual provoca un incremento de la corriente.

Figura 3 Esquema de cortocircuito



Fuente: Google imagenes

Ley de Kirchhoff:

Para el análisis de circuitos se acuda a las leyes conocidas como Kirchhoff la cual es una herramienta para resolver gran variedad de circuitos eléctricos. Según la ley de la corriente de kirchhoff hace referencia a la suma de todas las corrientes que fluyen es igual a las corrientes que salen del nodo.

Ec.1

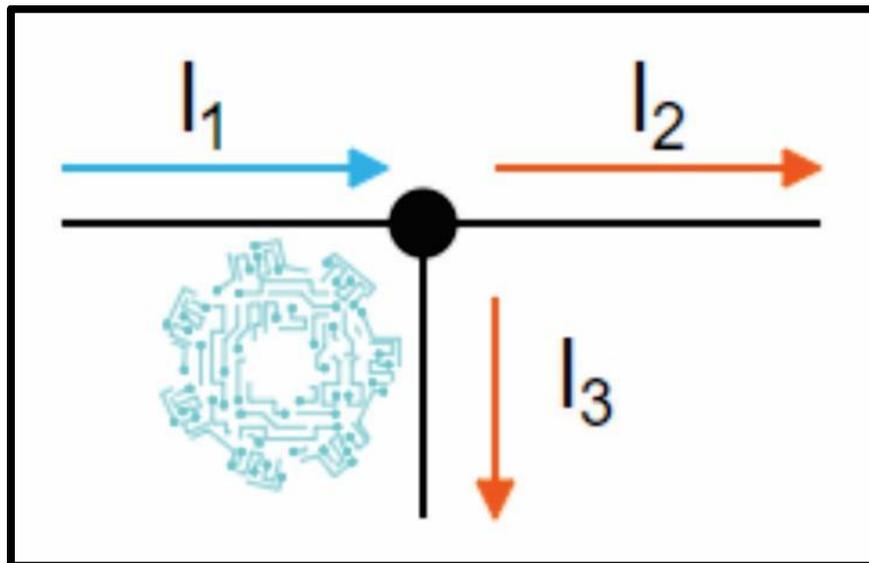
$$\sum_{n=1}^n i_n$$

Donde:

N= número ramas conectadas al nodo

i_n = n-esimo corriente que entra o sale del nodo

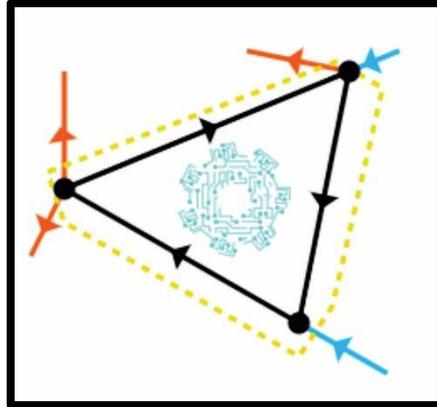
Figura 4 Ley corriente Kirchhoff



Fuente: Google imágenes

De igual modo la ley de corriente de Kirchhoff se puede aplicar a una frontera cerrada, la cual se considera como un caso LCK como muestra el ejemplo en donde la corriente que entra en la trayectoria cerrada es igual a la corriente total que sale.

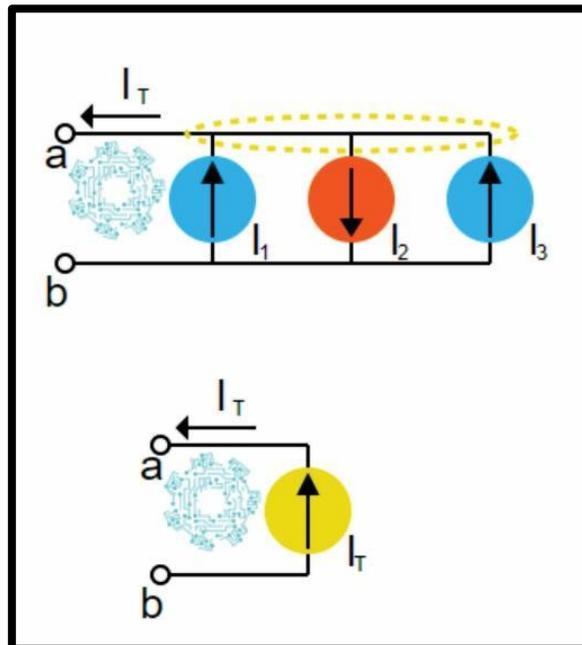
Figura 5 Ley trayectoria cerrada



Fuente: Google imágenes

En esta misma ley también podemos encontrar combinación de fuentes de corriente en donde los nodos se encuentran en paralelo en la cual su suma es suministrada por cada fuente. Las cuales también pueden combinarse para una fuente de corriente equivalente, tal como muestra la figura.

Figura 6 Ley Kirchhoff en paralelo



Fuente: Google imágenes

Arranque Directo con Temporizador

En este tipo de arranque se utiliza para motores de pequeña potencia, cuando se alimenta directamente de la red. También está la posibilidad de usar arranque directo en motores de gran potencia, pero cuando son alimentados por un transformador.

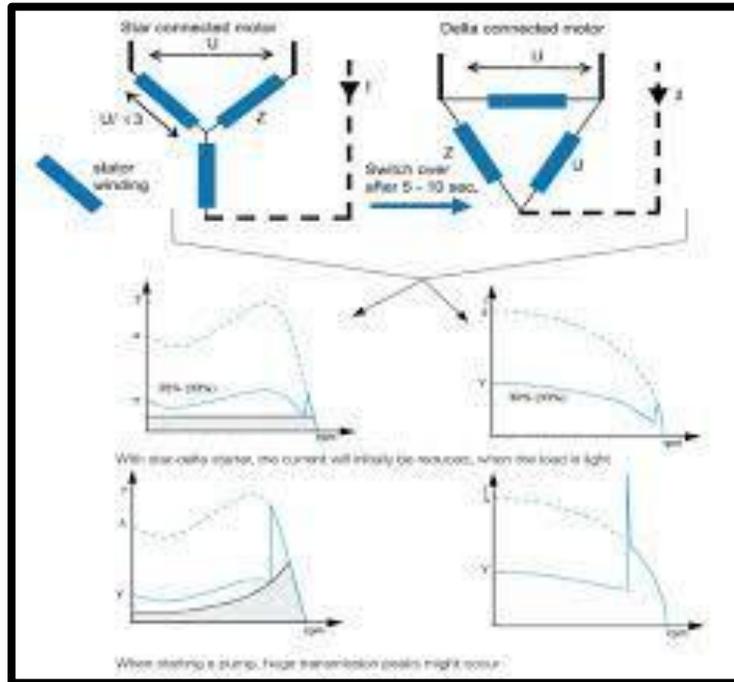
Arranque Estrella Triangulo

Cuando hablamos del arranque estrella triángulo se busca reducir la corriente al momento del arranque cuando se alimenta la tensión menor con la conexión en estrella. De este modo se logra bajar la intensidad a la tercera parte de lo que se produciría en un arranque directo.

Un arranque estrella-triángulo está compuesto de tres contactores, temporizador y un relé, adicionalmente este método solo puede utilizarse en motores que permiten acceder a seis bornes de extremo bobinados y que trabajen en triángulo. Y este funciona de la siguiente manera el motor con 3 bobinados que tienen opción de conectarse de manera distinta (estrella o triángulo).

Su funcionamiento consiste en que al pulsar start se energiza la bobina del contactor KM1 y se conecta el motor a la red, luego se enciende el piloto 1, se energiza el timer con el cual empezará el temporizador y se energiza KM2, lo cual conecta el motor en estrella.

Figura 7 Diagrama arranque estrella triangulo

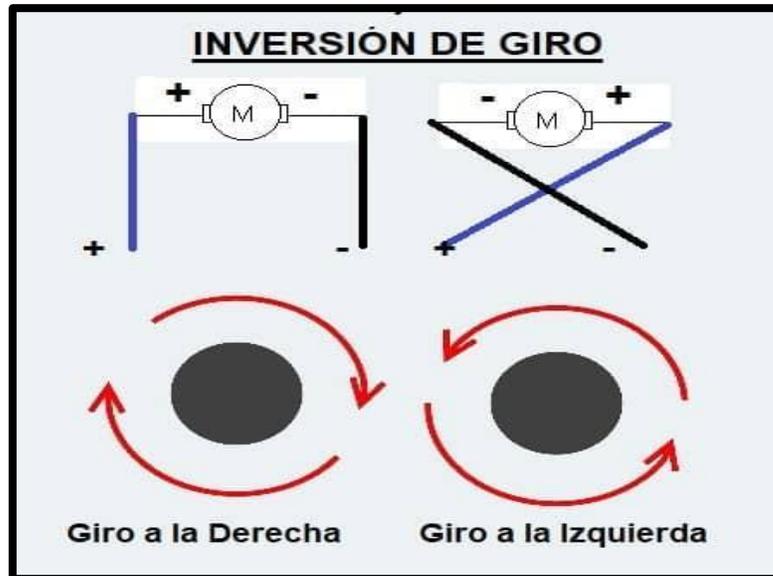


Fuente: Google imágenes

Inversión de Giro

La inversión de giro consiste en hacer girar un motor en los sentidos posibles ya sea derecha o izquierda, para explicar de mejor manera este método de circuito, supongamos que se accionará el pulsador izquierda de un motor, y este empezará a girar en ese sentido, pero si ahora se presiona el pulsador derecha el motor no hará ningún cambio y seguirá girando en la misma dirección, ya que para cambiar de sentido el giro del motor es necesario pasar por el apagado y seguidamente el pulsador derecha.

Figura 8 Ejemplo inversor de giro

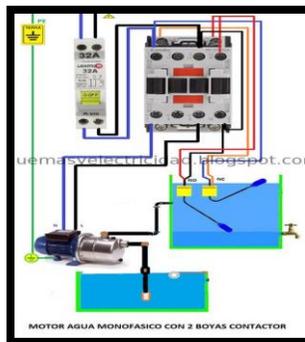


Fuente: Google imágenes

Control de Nivel por Medio de Flotadores

Este método es utilizado para la medición de nivel en un sistema de llenado el cual consta de un contacto eléctrico abierto y uno cerrado. Para su cableado se utiliza un color negro el cual es la conexión normal, uno color azul el cual identifica que es el cerrado y el café identifica el abierto.

Figura 9 Sistema control de nivel por medio de flotadores



Fuente: Google imagenes

3. Metodología

En este proyecto se usa una metodología que está basado en el estudio de cargas, recopilación de información y datos para el diseño y saber el alcance del proyecto de acuerdo a la normativa exigida de acuerdo a la instalación proyectada. Adicionalmente la investigación parte de esta manera determinar que procesos de construcción del tablero es más viable, de acuerdo a la energización que se requiere en base al objetivo que se busca. [4]

Después de identificar la problemática y antecedentes del proyecto, se debe hacer un análisis de la metodología a utilizar, a continuación, se presenta en diagrama de flujo las actividades programadas en la ejecución del proyecto, adicional se presenta tabla con tiempos proyectados para su ejecución. A continuación, se anexa programación de metodología expresado en un diagrama de flujo para el manejo de tiempos y actividades.

Figura 10 Diagrama de flujo



Fuente: Propia

Estudio de cargas: Después de realizar la respectiva investigación, visita técnica para determinación de capacidad mínima necesaria, en el estudio de cargas se determinará la demanda total de energía que se requiere para el tablero didáctico, de igual forma para determinados equipos y materiales que protección se requiere y así garantizar una inspección de seguridad futura. Adicionalmente nos mostrará que cargas son correctas dependiendo del tipo de instalación o conexiones que se realizarán para este caso pruebas y prácticas. [5]

El estudio de cargas y potencia va a proporcionar información relevante en el proyecto para la determinación de la distribución eléctrica necesaria, verificación de la capacidad que requiere todo el sistema y calibres de los cables; al igual que es el punto de partida para dar seguimiento a la instalación con sus factores de potencia y calcular su consumo, justificando así la eficiencia de la instalación en general.

Figura 11 Cuadro de cargas tablero didáctico

Lista de Cargas del Sistema											POTENCIA TOTAL					
Datos generales				Alimentación		Consumo unitario			T. Uso	Factor	VA	W	VAR			
N°	TAG	Descripción	Ubicación	Cant.	Tipo	Voltios	Sist.	Valor ³	Unidad	FP				Eff %	Horas	Oper.
1		BOMBILLO		2	AC	110	1 Fase	8	W	0,95	98	2	0,25	4,21	4,00	1,31
2		EQUIPOS ESPECIALES		1	DC	220	1 Fase	160	A	0,95	98	2	0,25	8800,00	8360,00	2747,80
3		MOTORES		2	AC	220	1 Fase	0,5	HP	0,95	98	2	0,25	190,23	180,72	59,40
4		MULTIMETRO		1	AC	220	1 Fase	15	A	0,95	98	2	0,25	825,00	783,75	257,61
5		TRANSFERENCIA		1	AC	220	3 Fases	100	A	0,95	98	2	0,25	5500,00	5225,00	1717,37
6		TOTALIZADOR		2	AC	110	3 Fase	100	A	0,95	98	2	0,25	5500,00	5225,00	1717,37
7		PANTALLA LED		1	DC	110	1 Fase	10	A	0,95	98	2	0,25	275,00	261,25	85,87
8		CONTACTORES		15	AC	220	1 Fase	12	A	0,95	98	2	0,25	9900,00	9405,00	3091,27
											Sub Total	29444,72		9678,01		
Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TABLERO DIDACTICO INSTALACIONES ELECTRICAS CAPACIDAD DE CARGA 45KVA											TOTAL [VA] 30994,44					
Instalación: UNIVERSIDAD ANTONIO NARINO											KVA 30,99					
											Reserva 15,00%					
											Carga Total de Diseño 35,64 kVA					

Fuente: Propia

Diseño de tablero y Análisis de materiales: En el análisis de materiales se determina de acuerdo a las cargas necesarias, como calibre y tipo de cable, luminarias, capacidad de transformador de corriente, u otros equipos que se requieran. El análisis de materiales requeridos es importante ya que según el

material utilizado se define la eficiencia y calidad de la instalación, por eso es importante determinar qué clase de material es más viable utilizar. [6]

Se debe estudiar la posible ubicación de toda la red de distribución eléctrica, las disposiciones de montaje según normativa vigente; y realizar planos eléctricos, conexión de circuitos, ubicación de subestación y otros. De igual forma se realizan memorias de cálculo para especificar los detalles de la instalación. Además, se realiza diseño de diagrama unifilar de acuerdo al diseño del tablero propuesto.

Adicionalmente en este punto se debe entregar para construcción de tablero didáctico, el diseño del diagrama unifilar, recordemos que este diseño es una representación gráfica de la instalación eléctrica, la cual sirve para la construcción y evaluación de fallas que se pueden presentar. [7] Además representan todas las partes y componentes del sistema eléctrico teniendo en cuenta todas las conexiones que se tengan y de esta forma tener una visualización completa del sistema, y así lograr su objetivo principal el cual es suministrar al usuario una información concisa sobre la instalación. [8]

Construcción de Tablero Didáctico: De acuerdo a todos los estudios y diseños se inicia la construcción de las redes eléctricas generales y de distribución. Esta construcción es en base a diagrama unifilar diseñado anteriormente en caso de requerir modificación se deberá verificar en el diseño, corregirlo y continuar con la construcción.

Dentro de una instalación eléctrica el tablero de distribución es uno de los componentes principales, por lo tanto, es fundamental la instalación correcta de los mismos, conocer sus partes y sobre todo las fallas más comunes que se presentan al instalarlos. Los componentes más comunes de un tablero son: gabinete, componentes eléctricos, canaletas. [9]

Pruebas de Operación: En este punto del proyecto ya se encuentra terminado y se requiere realizar pruebas para la verificación del tablero y confirmar

el estado del mismo de esta manera hay que tomar las medidas y seguidamente transportarlo e instalarlo en la ubicación final. Por lo tanto, se requiere una serie de pruebas como medición de voltaje, censo de cargas, verificación de capacidad de subestación, adicionalmente comprobación de interruptores, fusibles, conectores, u otros aspectos en la conexión.

Adicionalmente se diseñan tres tipos de formatos para prácticas de conexión y otras pruebas que se puedan ejecutar en el tablero didáctico para uso de los estudiantes y con el fin de fortalecer las actividades educativas. Todo esto teniendo en cuenta los requerimientos de los estudiantes y la facultad.

Instalación de Tablero Didáctico: Cuando ya se cuenta con el tablero terminado y en funcionamiento de manera correcta, se requiere ir al lugar de instalación en esta ocasión el laboratorio de electromecánica en la universidad Antonio Nariño de la ciudad de Villavicencio, para la adecuación del lugar exacto donde se instalará, ya que se debe despejar el lugar delimitar distancias de seguridad a otros elementos que se encuentren en el laboratorio que sean riesgosos y otros aspectos, seguidamente se traslada, se ubica y se hace respectivas conexiones finales.

4. Resultados

Finalmente, en esta etapa del proyecto se empiezan a ver los resultados con base a l requerimiento de la población objetivo, en este caso los beneficiados de la instalación del tablero didácticos estudiantes de electromecánica, por lo tanto, se ejecutó la visita programada para la identificación los requerimientos definitivos que se necesitan para llevar a cabo este proyecto y consigo el estudio de cargas necesario y dar continuidad a los resultados dados por este proyecto. Dado a la investigación realizada y el conocer las necesidades de la población objetivo.

4.1 Estudio de cargas

Como primer paso para dar inicio a la investigación se requiere de una visita técnica al laboratorio de tecno mecánica de la universidad Antonio Nariño, por lo tanto, se efectuó visita técnica el día 7 de febrero del año 2022, en el cual se logró identificar la capacidad de la subestación para dar funcionamiento al tablero didáctico adicionalmente la ubicación posible del mismo, y otras funciones que completarán la educación para los estudiantes. [10]

Después de realizada la visita por un personal técnico especializado, se evidencia que en el cuarto de electromecánica hay un consumo de 0.014 Amp el cual abarca tomacorriente, aire acondicionado e iluminación, de igual forma se encuentra un totalizador de 60 Amp y un tablero de 12 circuitos, dentro de la visita quedó pendiente la revisión de la subestación y la planta eléctrica, por lo cual se debió reagendar la visita para los aspectos pendientes, que son punto clave del proyecto y su ejecución.

Para la fabricación del tablero didáctico se requirió acompañamiento técnico especializado, por tal razón en la visita de inspección realizada estuvo presente para la asesoría para la construcción del tablero. Adicionalmente después de realizar un análisis de lo encontrado en la visita técnica se estipula la carga

necesaria para el funcionamiento del tablero didáctico propuesto el cual se encontrará en la Figura 6.

Figura 12 Pruebas laboratorio electromecánico



Fuente: Propia

Figura 13 Visita laboratorio electromecánico



Fuente: Propia

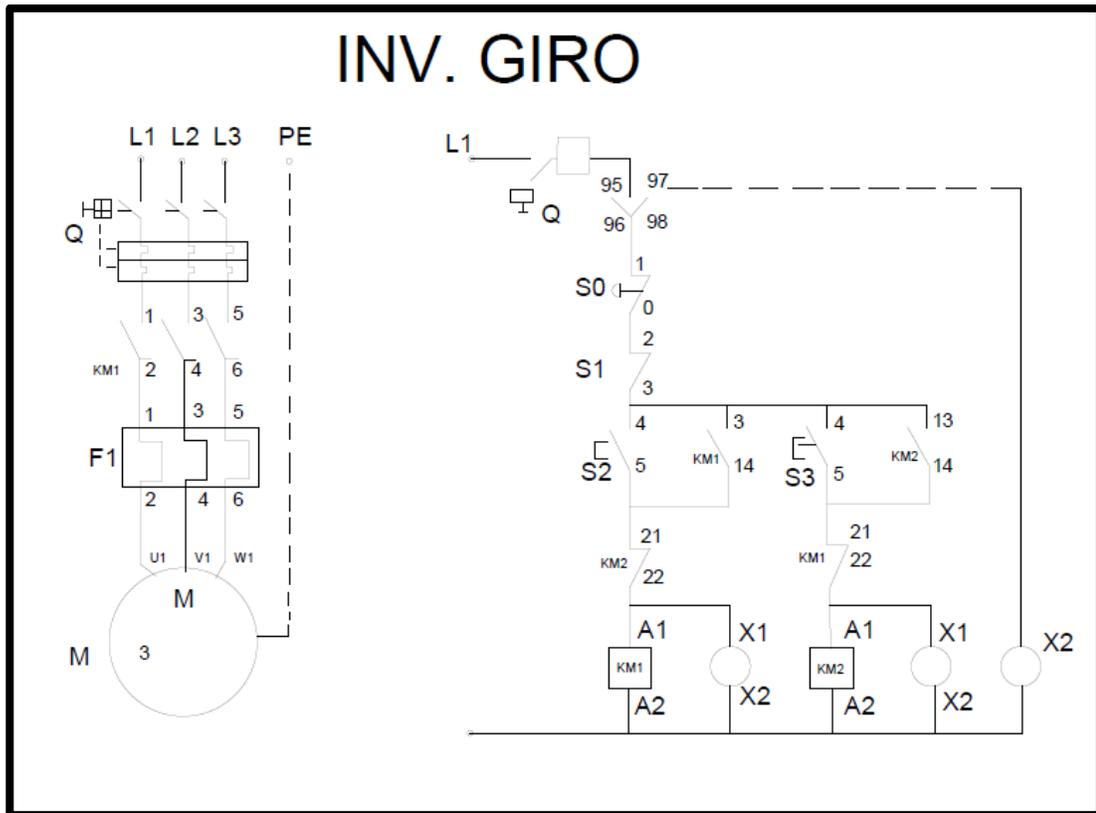
Para la segunda visita realizada y contando con previa programación se realizó el día 15 de febrero del 2022 acompañado del personal técnico especializado en instalaciones eléctricas, en la cual se revisó el cuarto de subestación y planta eléctrica donde se evidencio que la capacidad que se requiere para el funcionamiento del tablero didáctico es adecuada, adicionalmente se identifica el lugar adecuado para la instalación y puesta en funcionamiento.

4.2 Diseño de Tablero y Análisis de Materiales

En esta etapa del proyecto ya se tiene claro que se implementara en el tablero didáctico y así mismo se realiza el diseño eléctrico del mismo el cual será presentado en un diagrama unifilar en el cual se mostrara todas las conexiones eléctricas que se podrán encontrar y de esta manera se define qué prácticas se podrán ejecutar.

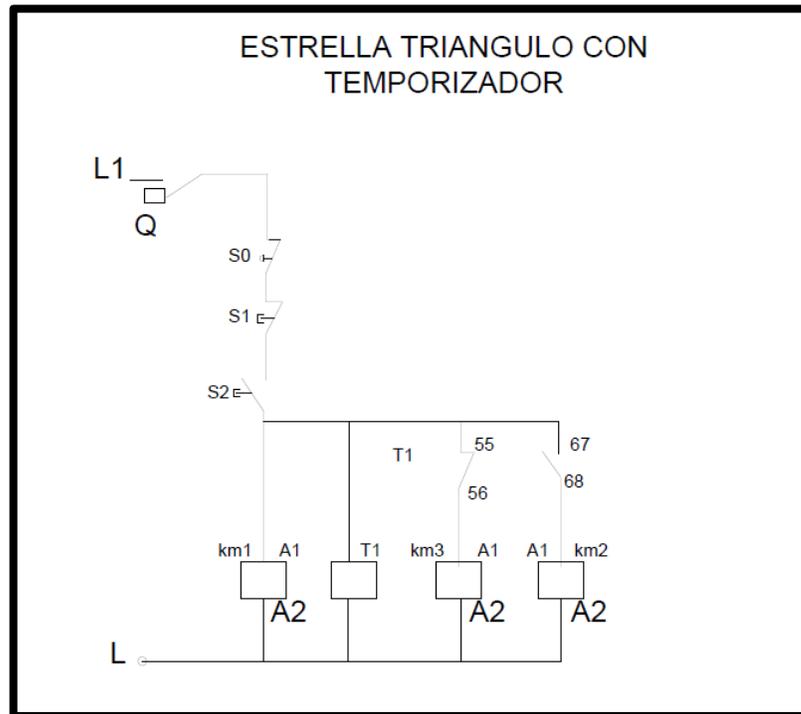
A continuación, se presenta diagrama unifilar con especificación de cargas y su contenido, adicionalmente hay que tener presente que esta es la base para el diseño físico del tablero por lo cual es un punto clave que hay que inspeccionar para evitar cualquier tipo de error y mala ejecución, también este diagrama será principal para cualquier persona que quiera manipular el tablero ya que debe conocer qué tipo de conexiones tiene.

Figura 14 Diagrama Unifilar Inversión de giro



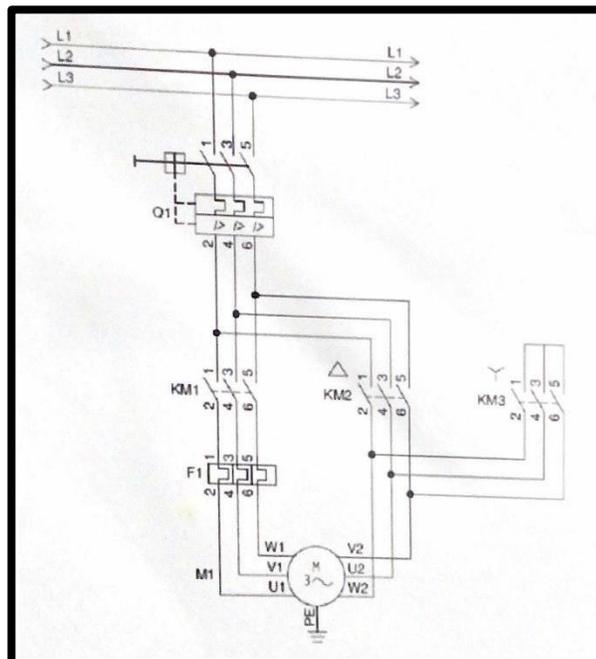
Fuente: Propia

Figura 15 Diagrama unifilar estrella triangulo con temporizador



Fuente: Propia

Figura 16 Diagrama Unifilar 3



Fuente: Propia

De acuerdo al diagrama unifilar se puede evidenciar que el tablero didáctico contará con las siguientes funciones:

- Instalaciones Domiciliarias
- Inversor de giro
- Tipo conexión
- Control por nivel
- Control por temporizador

4.2.1 Análisis de Materiales

Para la construcción del tablero se requiere de una serie de materiales específicos con características según la carga que se utilizara, y según los equipos eléctricos necesarias para las prácticas que se realizarán, por lo tanto, a continuación, se muestran los materiales con sus especificaciones:

- Armario metálico: este conforma la parte externa del tablero, será el panel de soporte de los elementos a maniobrar.
- Transferencia Automática según la capacidad de toda la instalación su capacidad es de 120 Amp.
- Módulo De Transferencia Electrónica Trif 220v
- Taco Riel Monofásico 3a Chnt
- Mt Riel Omega Metalico
- Contactor Ac3 95a 220v Chnt
- Bloque Auxiliar 1no+1nc Chnt
- Aislador Escalonado 30x31mm Mediano
- Platina De Cobre 1/8x1/2
- Platina De Cobre 3/16x 1"
- Aislador Para Barraje Sm-30
- Breaker Industrial 60a Schneider
- Mt Termoencogible 12 Mm Rojo

-
- Mt Termoencogible 20mm Rojo
 - Acrílico Protección
 - Supresor Trans Picos Para Contactor
 - Canaleta Ranurada 60x40 Dexson
 - Canaleta Ranurada 40x40 Dexson Gris
 - Multifuncional Panel Digital 85-300v Ac/Dc
 - Transformador Intensidad Maniobra 100/5a
 - Letreros Tablero
 - Pulsador Parada De Emergencia Ebc
 - Pulsador Doble Cuadrado Sin Piloto
 - Selector 3 Posiciones
 - Piloto Led Integrado Rojo
 - Piloto Led Integrado Verde
 - Taco Rieltrifasico 32 Amp Chint
 - Taco Riel Bifásico 32 Amp Chint
 - Taco Riel Monofásico 32 Amp Chint
 - Mt Riel Omega Metalico
 - Contactor Ac3 32a 220v Chint
 - Rele Termico 12 A 18 Amp Chint
 - Rele Termico 12 A 18 Amp Chint
 - Mt Cable Vehicular # 16 Nexans
 - Terminal Plástica De Canotillo # 16
 - Terminal Plástica De Canotillo # 16 Doble Hueco
 - Toma Trif. 3x50 Codelca De Incrus C-015
 - Toma Bifas 2x20 Codelca De In cru. C-013
 - Toma Corriente Doble 20amp. Leviton
 - Toma Ind 4x32 Amp Ebc Roja S/P

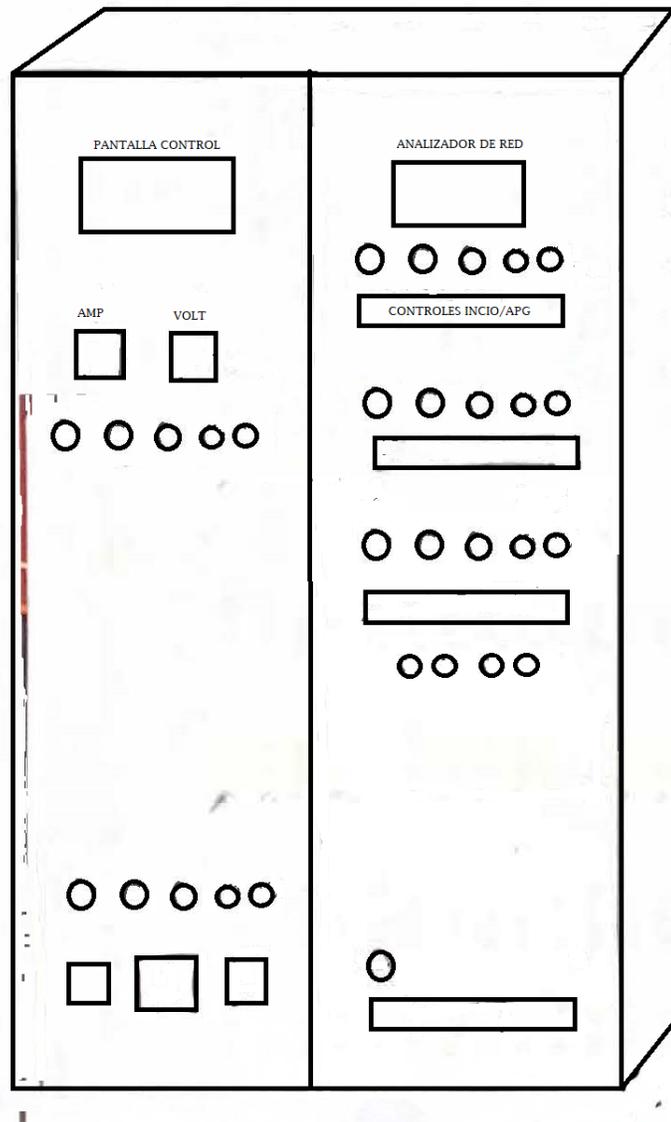
Figura 17 Material eléctrico para tablero



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta diagrama unifilar y materiales necesarios se presenta diseño del tablero para su debida instalación e identificación de los módulos en los cuales estará dividido el tablero didáctico. [11] Este diseño es una proyección de cómo se piensa realizar la respectiva distribución de todos los módulos y algunos componentes como controles y otros.

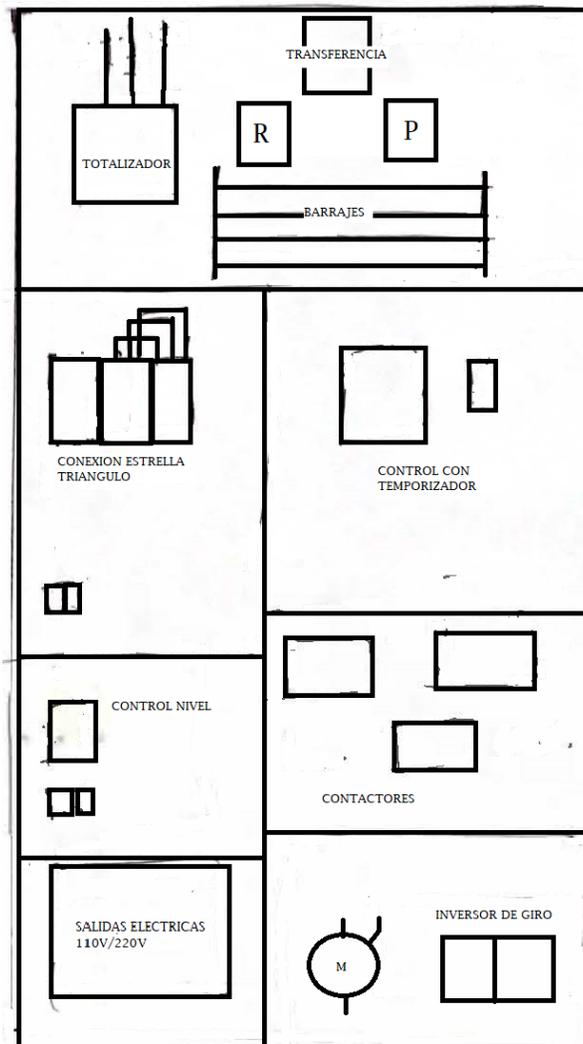
Figura 18 Diseño tablero didáctico externo



Fuente: Propia

En la parte externa se ubicará toda la parte de control del tablero, la identificación de que se está ejecutando y entre otras funciones. Como el encendido y apagado del mismo.

Figura 19 Diseño Tablero didáctico interno



Fuente: Propia

4.3 Construcción de Tablero Didáctico

Para la construcción del tablero se necesitó un armario metálico de 1.85 X0.65X0.30, este para incorporar todos los módulos que conformarán el tablero de distribución, con las medidas adecuadas para todos los componentes como equipos y elementos.

Figura 20 Armario metálico



Fuente: Propia

Para iniciar la construcción del tablero se debe realizar la instalación del módulo de transferencia eléctrica trifásica de 220 V, multifuncional panel digital de 85 a 300 V, relé o temporizador autonix 110-220V, amperímetros digitales tipo piloto de 22mm, 4 pilotos led integrado verde, un piloto led integrado azul, piloto led integrado rojo, 3 pulsadores verdes, tres selectores tres posiciones y pulsador de emergencia. Todo esto hace parte de los controles del tablero y conocimiento de su funcionamiento.

Figura 21 Armario metálico base para el tablero



Fuente: Propia

Figura 22 Construcción Tablero



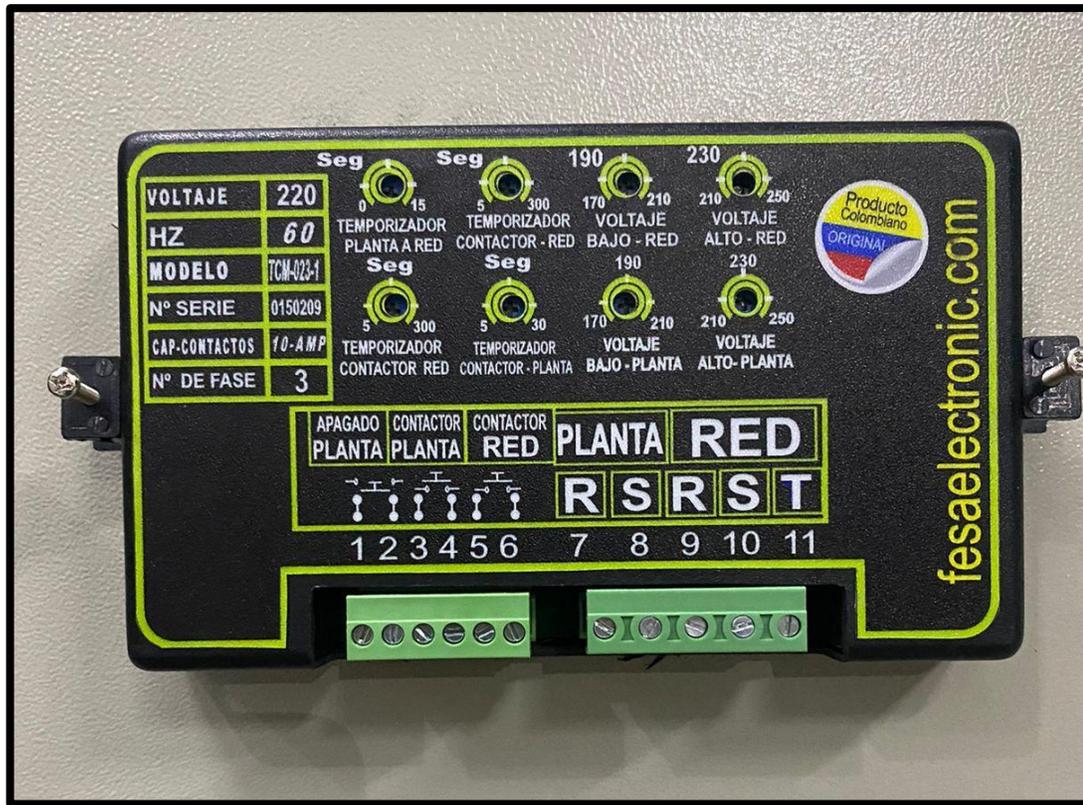
Fuente: Propia

Figura 23 Construcción Tablero Didáctico



Fuente: Propia

Figura 24 Instalación módulo de transferencia



Fuente: Propia

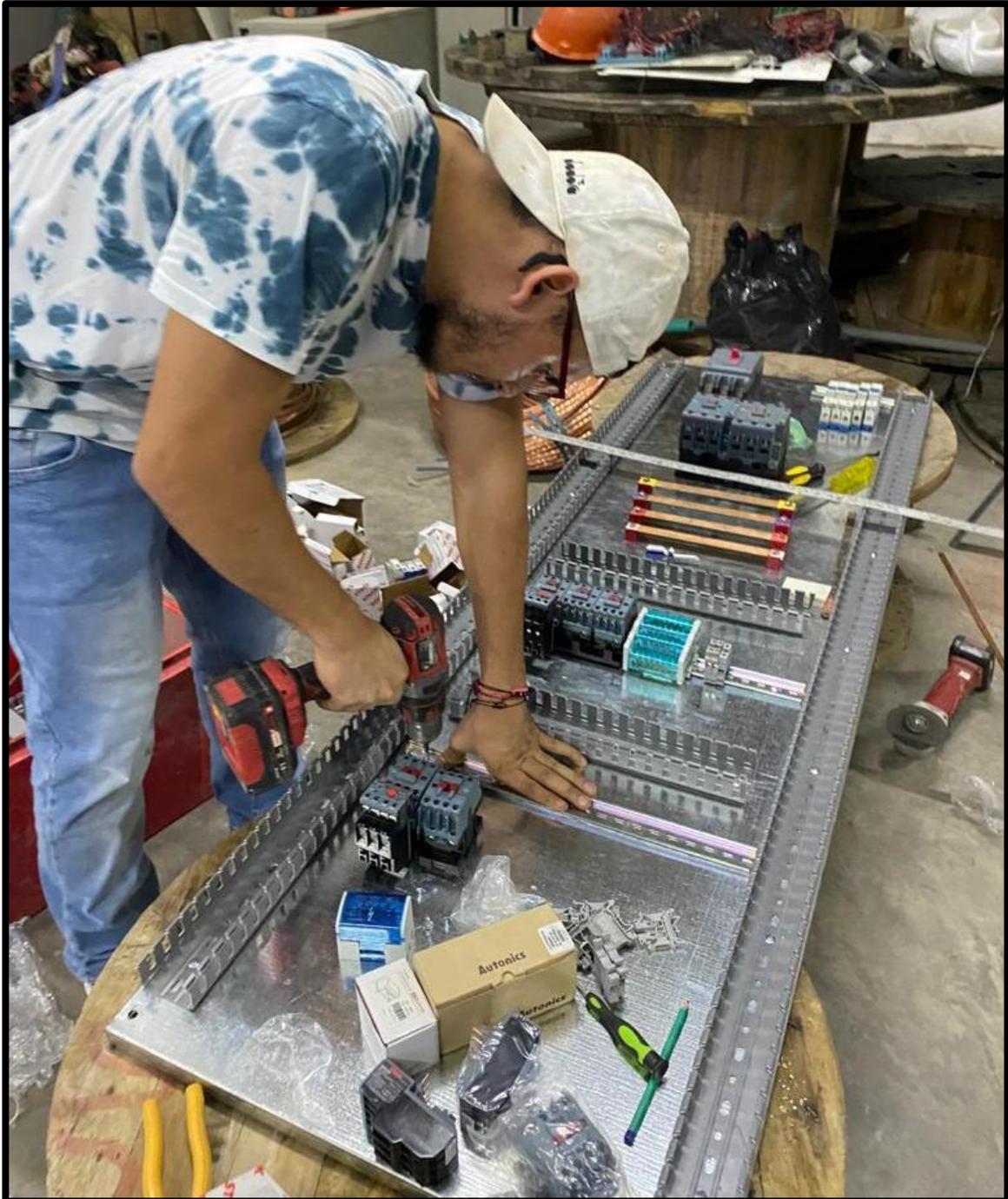
Seguidamente se procede a la construcción de la para la parte interna del tablero se instaló 5 contactores, taco riel, 2 contactores de 95 Amp, también un barraje tipo escalera, un módulo estrella triángulo con su respectiva protección y barraje y en la zona de abajo se instaló el módulo de inversión de giro, con temporizador.

Figura 25 Construcción de tablero interno



Fuente: Propia

Figura 26 Instalación de divisiones



Fuente: Propia

Figura 27 Construcción de tablero didáctico



Fuente: Propia

Figura 28 Montaje modulo inferior



Fuente: Propia

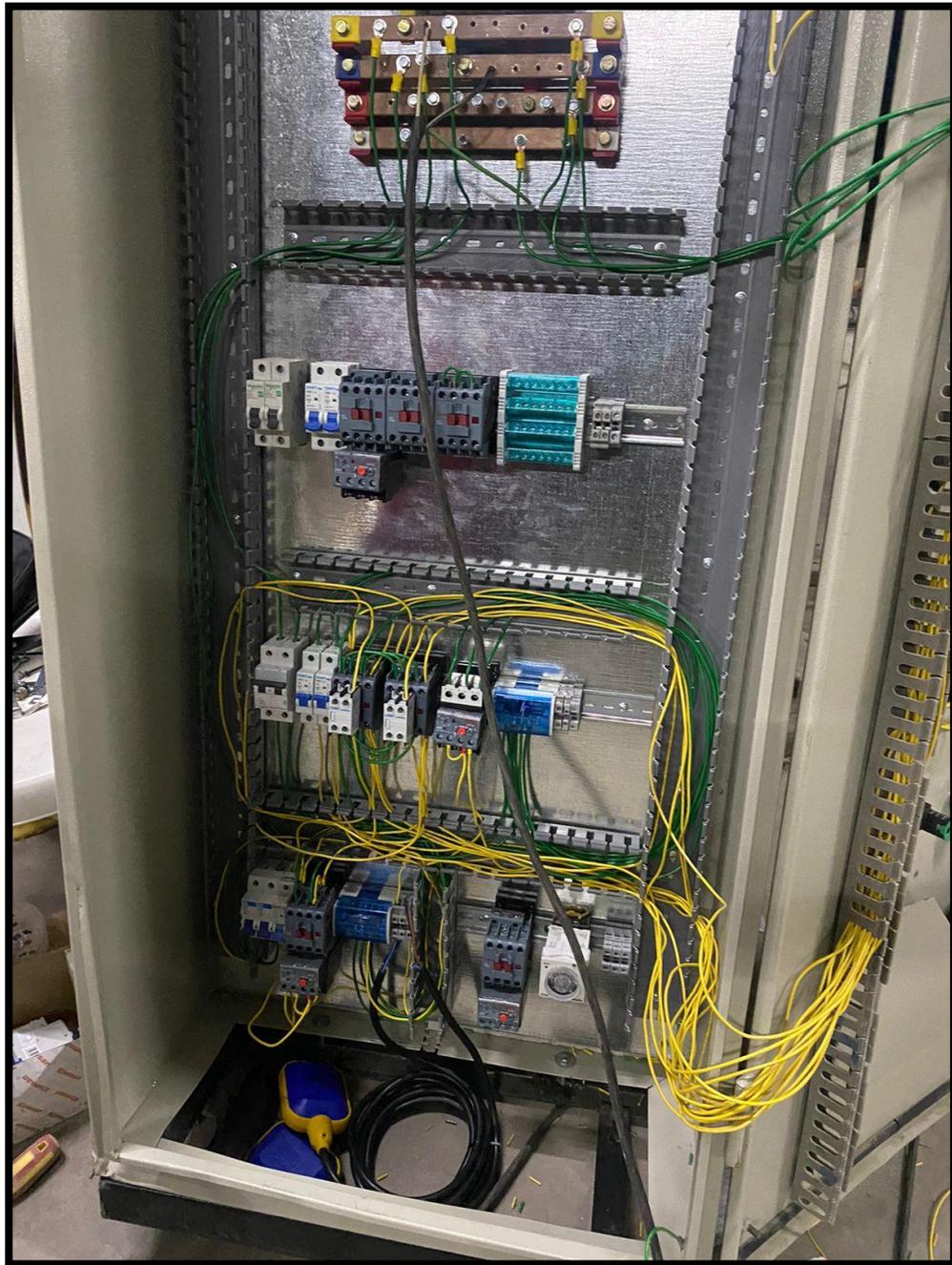
Figura 29 Construcción de tablero didáctico 2



Fuente: Propia

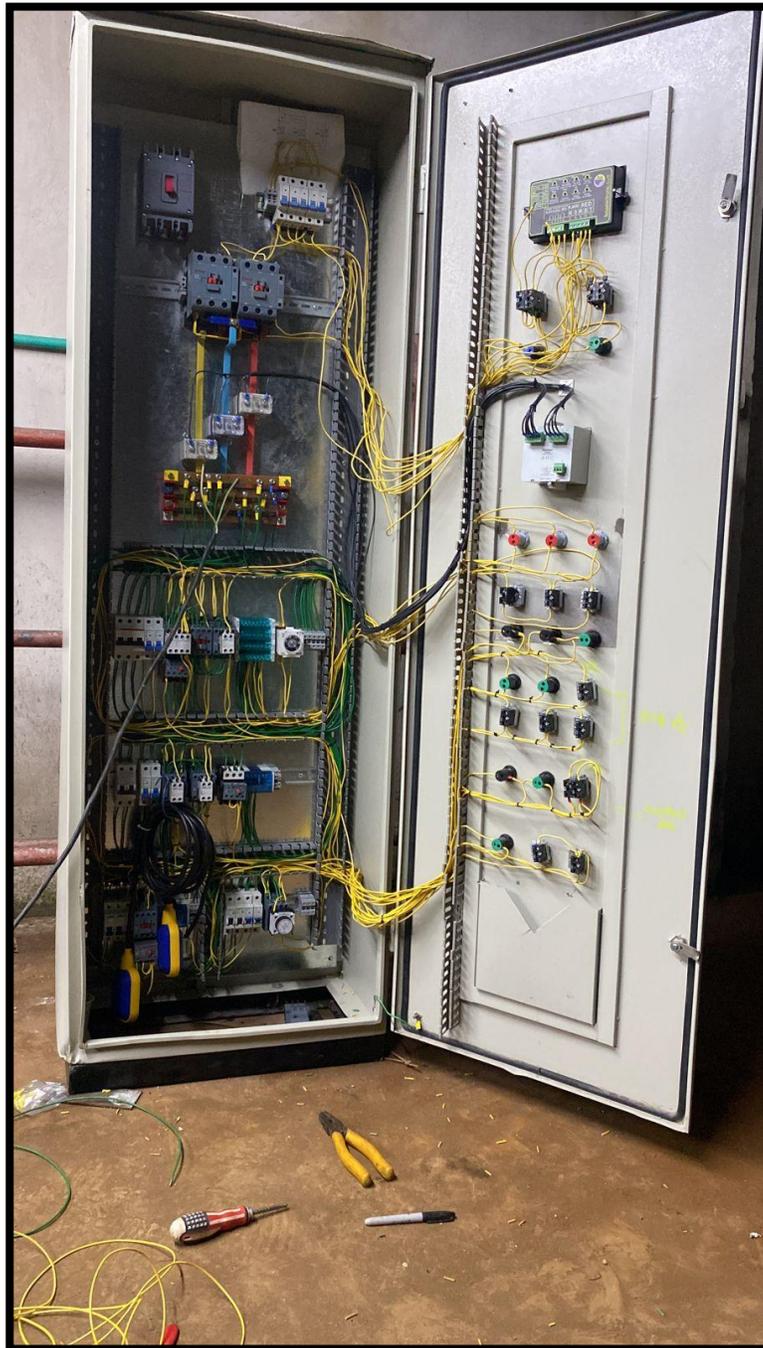
Finalmente, después de la instalación de todos los módulos que se requieren en el tablero se procede a realizar la conexión de los circuitos y así mismo iniciar pruebas de operación, las cuales servirán para comprobar el buen funcionamiento de cada uno de los módulos que se instalaron.

Figura 30 Construcción módulos de practicas



Fuente: Propia

Figura 31 Construcción de tablero eléctrico didáctico



Fuente: Propia

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Finalmente, un tablero didáctico que garantiza el estudio de teoremas respecto a circuitos eléctricos adicionalmente con el fin de mejorar la calidad educativa y conocimientos prácticos, se agrega una serie de pruebas que simulan casos reales a los cuales un profesional eléctrico está expuesto lo cual expande la garantía de un mejor manejo de lo aprendido.

Adicionalmente se logró identificar de manera adecuada las cargas necesarias que no afectarán en el funcionamiento del tablero junto con las pruebas que se podrán realizar en forma práctica. Por tal motivo se anexan una serie de recomendaciones, para el uso correcto del tablero.

5.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones para la utilización del tablero didáctico se encuentra la seguridad para el usuario, por lo tanto, se presenta la evaluación del riesgo presente al momento de la manipulación del tablero, adicionalmente las recomendaciones para el momento que se va a manipular.

Tabla 2 Evaluación de riesgos de origen eléctrico

EVALUACIÓN DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO													
EVENTO/EFECTO	FACTOR DE RIESGO	FUENTE	TIPO		CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	MEDIDAS INTERVENCIÓN TOMADAS PARA QUE EL RIESGO SEA MÍNIMO ACEPTABLE				
			(REAL/POTENCIAL)	SOBRE					ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	CONTROLES DE INGENIERIA	CONTROLES ADMINISTRATIVOS, SEÑALIZACIÓN, ADVERTENCIA	EQUIPOS / ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
Quemaduras de segundo y tercer grado, muerte.	Arcos Eléctricos	Tablero electrico practica	Potencial	Personas	Una o más muertes	Ha ocurrido en el sector	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.			Instalación de celdas de media tensión resistentes al arco eléctrico	Instalación de señalización de energía incidente de acuerdo con documento	Dotar al personal interno y exigir uso de EPP

Manual del Usuario para la Manipulación del Tablero Didáctico

Importante: Es obligatorio seguir las normas de seguridad antes y después de la energización del tablero didáctico.

- Hacer uso de tablero practico bajo la supervisión de responsable (docente encargado)
- Obedecer las especificaciones técnicas de los elementos y equipos, utilizando material y herramientas adecuadas para cada práctica.
- Hacer buen cuidado y manejo del tablero para su conservación.
- No exponer el tablero didáctico a lugares húmedos.
- Es necesario que, al momento de realizar mantenimiento o maniobra, debe estar sin carga alguna para evitar un arco eléctrico.
- No hacer uso cables empalmados o rotos ya que la corriente que fluye puede generar un riesgo eléctrico.
- Se recomienda no exceder la carga máxima del tablero didáctico

Tabla 1 Normas de seguridad

Riesgo eléctrico	Un rayo o arco	
Uso obligatorio de protección para la cabeza	Cabeza de persona con casco	
Uso obligatorio de protección para los ojos	Cabeza de persona con gafas	
Uso obligatorio de protección para los oídos	Cabeza de persona con auriculares	
Uso obligatorio de protección para las manos	Guante	

6. Bibliografía

- [1] INCONTEC, NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050, COLOMBIA, 1998.
- [2] J. D. R. V. Diego Andrés Gutiérrez Ochoa, «Diseño de tablero didáctico para el desarrollo de prácticas relacionadas con calidad de potencia eléctrica,» *cienciaunisalle*, 2014.
- [3] C. J. A. Lara, Tablero didactico de electricidad y su aporte al proceso de enseñanza aprendizaje a estudiantes de bachillerato del area tecnica en la unidad educativa "Clemente Baquerizo" canton babahoyo, provincia d elos rios, Babahoyo: Universidad tecnica de Babahoyo, 2018.
- [4] M. O. Balarezo Toapanta, Tablero didáctico de instalaciones eléctricas residenciales y su aporte estratégico en los talleres que realizan los estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa Los Guayacanes del cantón Quevedo provincia de los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo copyright, 2017.
- [5] J. M. A. Villegas, «ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN,» 2017. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13543/3/UPS-KT00161.pdf>. [Último acceso: 04 11 2021].
- [6] IDAE, «Instituto para la diversifiacion y ahorro de energia,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/material-electrico>. [Último acceso: 04 12 2021].
- [7] D. Ingenieria, «Domus Ingenieria,» Diagrama de unifilar, 09 07 2018. [En línea]. Available: <https://domus.mx/blog/diagrama-unifilar>. [Último acceso: 04 12 2021].

- [8] A. S. Ayala Quintero, Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [9] S. d. m. electricos, «Suministro de materiales electricos,» Tablero electrico: tipos y aplicaciones, 2020. [En línea]. Available: <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>. [Último acceso: 04 12 2021].
- [10] J. F. Ramírez Sánchez, Tablero electrónico didáctico de control, Medellín: Universidad Pascual Bravo, 2014.
- [11] J. A. Guanoluisa Amaya, Diseño y construcción de un módulo de control industrial para determinar variables eléctricas en el arranque de motores trifásicos, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)., 2018.

7. ANEXOS

			Universidad Antonio Nariño Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica Villavicencio, Colombia		
FACULTAD	CARRERA	TEMA DE PRÁCTICA			
Ingenierías	Electromecánica	Método estrella- triangulo.			
PRÁCTICA				DURACIÓN (HORAS)	
No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA				
01	Método de estrella triángulo de un motor trifásico.			1 Hora	
FUNDAMENTO.					
El arranque Estrella-Triángulo busca reducir la corriente consumida al momento del arranque. este método no solo nos ayuda a ahorrar energía, sino que también significa una vida útil más larga para el motor y su maquinaria asociada					
OBJETIVOS.					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseñar un sistema de control. ✓ Diseñar un sistema de fuerza ✓ Comprobar el funcionamiento de un sistema de control ✓ Utilizar el método estrella-triangulo para verificar el funcionamiento del motor trifásico 					
EQUIPOS Y MATERIALES					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque de distribución. ✓ Contactores (3) ✓ Parada de emergencia ✓ Luces piloto verde (encendido) ✓ Muletilla de 3 posiciones ✓ protecciones 			<ul style="list-style-type: none"> ✓ relé térmico ✓ Juego de conductores ✓ Temporizador. ✓ Motor trifásico 0.5 HP ✓ Juego de Conductores ✓ barraje 		
EQUIPOS DE MEDICIÓN.					

✓ Piloto indicador de voltaje y amperaje por fase	✓ Analizador de Calidad de Energía.
CONCLUSIONES	
<ul style="list-style-type: none">✓ Al pulsar START, el motor funciona y no se desconecta, porque ha quedado enclavado por el contacto auxiliar N.O. manteniendo encendido K1 que lo alimenta.✓ Para que el motor se apague se debe presionar STOP o desconectar el Disyuntor que alimenta a la distribución.	

 Universidad Antonio Nariño Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica Villavicencio, Colombia		
FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electromecanica	Inversor de giro
PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)	
No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	
02	Método de inversión de giro.	
FUNDAMENTO		
En el método de inversión de giro consiste en hacer girar el motor en ambos sentidos, derecha o izquierda sin maltratar el motor. Solo se requiere la inversión de dos fases de alimentación para cambiar el sentido de giro		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseñar un sistema de control. ✓ Diseñar un sistema de fuerza. ✓ Probar un funcionamiento del sistema de control. ✓ Verificar el cambio de sentido de giro de acuerdo a la secuencia de fases R, S, T y R,T, S. 		
EQUIPOS Y MATERIALES		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque de distribución. ✓ Contactor.(2) ✓ Parada de emergencia. ✓ Pulsador arranque. ✓ Luces Piloto verde encendido. ✓ barraje 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Luces piloto rojo falla. ✓ Relé térmico. ✓ Motor trifásico 0.5 HP ✓ juego de Conductores ✓ Muletilla de 3 posiciones ✓ protecciones
EQUIPOS DE MEDICIÓN.		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Piloto indicador de voltaje y amperaje por fase 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizador de Calidad de Energía.

CONCLUSIONES

- ☐ Esta práctica tiene con finalidad demostrar que la conexión Estrella – Triángulo es bastante sencilla y útil a la vez porque la Estrella nos permite arrancar el motor a bajo voltaje hasta conmutar los bobinados a conexión Triángulo y llegar al voltaje nominal girando a una velocidad constante.
- ☐ Es un método de arranque económico de implementar, nos ayudara a preservar la vida útil del motor.
- ☐ Reduce la demanda de corriente en el momento de arranque.
- ☐ Para que el motor se apague se debe presionar paro o desconectando el Disyuntor que alimenta a la distribución

FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
Ingenierías	Electromecánica	Arranque directo
PRÁCTICA	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	
No.	DURACIÓN (HORAS)	
01	Arranque directo de motores trifásicos.	
FUNDAMENTO		
<p>El arranque directo consiste en aplicar toda la tensión de línea a las bobinas del motor, por medio de dos alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternativa #1: Disyuntor + Contactor + Relé térmico. • Alternativa #2: Guarda motor + Contactor (la actual en nuestro caso) <p>La corriente que es absorbida por el motor en este arranque es de 6 a 8 veces In. Por lo que no es recomendable aplicar este tipo de arranque en motores superiores a 10HP @ 220V. Verificar la tensión de soporte de las bobinas del motor para definir la conexión de las mismas, de ello depende que las bobinas se conecten en Estrella o Delta.</p>		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseñar un sistema de control de la práctica. ✓ Diseñar un sistema de fuerza de la práctica. ✓ Comprobar el funcionamiento del sistema de control de la práctica. 		
LÁMINAS.		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lámina de distribución. ✓ Lámina de contactor. ✓ Lámina de Pulsantes ✓ Lámina de Guardamotor ✓ Lámina de Luces Piloto 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lámina de Bases Porta Fusibles ✓ Lámina de transformador. ✓ Motor trifásico ABB 0.5 HP ✓ Juego de Conductores 	
EQUIPOS DE MEDICIÓN.		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Amperímetro de gancho tipo multímetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizador de Calidad de Energía. 	