



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
ELÉCTRICO MÓVIL CON CONEXIÓN A LOS MÓDULOS DEL
LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORA
MISHEL ALEXANDRA ALPUSIG PASTE

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
ELÉCTRICO MÓVIL CON CONEXIÓN A LOS MÓDULOS DEL
LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORA: MISHÉL ALEXANDRA ALPUSIG PASTE

DIRECTOR: ING. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba – Ecuador

2024

© **Mishel Alexandra Alpusig Paste**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Mishel Alexandra Alpusig Paste, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de mayo 2024

Mishel Alexandra Alpusig Paste

050446818-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA.
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO MÓVIL CON CONEXIÓN A LOS MÓDULOS DEL LABORATORIO DE TRIBOLOGÍA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**”, realizado por la señorita: **MISHEL ALEXANDRA ALPUSIG PASTE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2024-05-22
Ing. Félix Antonio García Mora DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2024-05-22
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2024-05-22

DEDICATORIA

Dedicado con profundo agradecimiento a mis padres, Jorge Alpusig y Rosa Paste, gracias a su incansable esfuerzo y trabajo diario, mis hermanos: Fernanda, Diego, Rosita, Christopher y yo hemos tenido la fortuna de desarrollarnos de manera satisfactoria en aspectos humanos como académicos. A Ramiro por apoyarme de manera incondicional todos estos años, este es un logro que lo compartimos y ha sido esfuerzo de mucho sacrificio. A mi abuelita Lola, por sus abrazos, sabías palabras y consejos. A Carlitos, Karla y Tati por sumar anécdotas importantes en mi vida, a pesar de estar lejos siempre están presentes.

Mishel Alexandra Alpusig Paste

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Sistema eléctrico	4
2.1.1. <i>Sistema eléctrico de potencia</i>	4
2.1.2. <i>Sistema de distribución</i>	4
2.1.3. <i>Sistema trifásico y monofásico</i>	4
2.2. Niveles de tensión	4
2.3. Tableros eléctricos	5
2.3.1. <i>Elementos de maniobra de los tableros eléctricos</i>	5
2.3.1.1. <i>Portabarras</i>	5
2.3.1.2. <i>Bornes de conexión</i>	6
2.3.1.3. <i>Bornera de puesta a tierra</i>	6
2.3.1.4. <i>Canaleta</i>	6
2.3.1.5. <i>Cables eléctricos</i>	7
2.3.1.6. <i>Contactador</i>	7

2.3.1.7.	<i>Pulsadores</i>	7
2.3.1.8.	<i>Riel DIN</i>	8
2.3.1.9.	<i>Selector de tres posiciones</i>	8
2.3.1.10.	<i>Supervisor de voltaje</i>	8
2.3.1.11.	<i>Voltímetro digital</i>	9
2.3.2.	<i>Elementos de protección de tableros eléctricos</i>	9
2.3.2.1.	<i>Breaker o disyuntor</i>	9
2.3.2.2.	<i>Puesta a tierra de tableros eléctricos</i>	9
2.3.2.3.	<i>Relé auxiliar</i>	10
2.3.2.4.	<i>Relé térmico</i>	10
2.3.3.	<i>Normativa</i>	11
2.3.4.	<i>Mantenimiento de tableros eléctricos</i>	11
2.4.	Módulo lógico programable	12
2.5.	Pantalla táctil	12
2.6.	Barras colectoras	12
2.6.1.	<i>Barras colectoras de Cu</i>	12
2.6.1.1.	<i>Selección de las barras de cobre</i>	13
2.7.	Ergonomía	13
2.8.	Seguridad tableros eléctricos	14
2.8.1.	<i>Operaciones de emergencia</i>	14
2.8.1.1.	<i>Arranque de emergencia</i>	14
2.8.1.2.	<i>Desconexión de emergencia</i>	14
2.8.1.3.	<i>Conexión de emergencia</i>	15
2.8.1.4.	<i>Parada de emergencia</i>	15
2.8.2.	<i>Señales de advertencia</i>	15
2.8.3.	<i>Seguridad según UNE-EN 14056:2004</i>	15
2.9.	Cálculos para el análisis de carga	16
2.9.1.	<i>Carga instalada</i>	16
2.9.1.1.	<i>Cálculo de cargas trifásicas</i>	16
2.9.1.2.	<i>Cargas monofásicas</i>	16
2.9.1.3.	<i>Carga total</i>	17
2.9.2.	Demanda	17
2.9.2.1.	<i>Factor de demanda</i>	17
2.9.2.2.	<i>Demanda en kVA</i>	17
2.9.2.3.	<i>Máxima demanda de carga</i>	17
2.9.3.	<i>Factor de simultaneidad</i>	18

2.10.	Metodología del diseño	18
2.10.1.	<i>Metodología QFD</i>	18
2.10.2.	<i>Metodología UCD</i>	19
 CAPÍTULO III		 20
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO MÓVIL	20
3.1.	Fase de análisis	20
3.2.	Recolección de información	20
3.2.1.	<i>Estudio de carga de cada módulo y equipo</i>	20
3.3.	Principio de diseño	28
3.3.1.	<i>Requerimientos de la parte mecánica móvil.</i>	28
3.3.1.1.	<i>Estructura metálica</i>	28
3.3.2.	<i>Requerimientos para el diseño del sistema de control eléctrico.</i>	31
3.3.2.1.	<i>Tablero eléctrico</i>	31
3.3.2.2.	<i>Diagrama de fuerza</i>	31
3.3.2.3.	<i>Diagrama de control</i>	32
3.3.2.4.	<i>Elementos para el sistema de control</i>	33
3.3.3.	<i>Programación del módulo lógico programable y la pantalla táctil</i>	34
3.3.3.1.	<i>Programación módulo lógico programable</i>	34
3.3.3.2.	<i>Programación de la pantalla táctil INVT</i>	36
3.4.	Fase de evaluación del diseño	39
3.4.1.	<i>Construcción del sistema de control eléctrico</i>	40
3.4.2.	<i>Construcción de la estructura metálica</i>	40
3.4.3.	<i>Fase de evaluación del diseño</i>	42
3.4.3.1.	<i>Eficiencia</i>	42
3.4.3.2.	<i>Eficacia</i>	43
3.4.3.3.	<i>Satisfacción de uso</i>	43
 CAPÍTULO IV		 44
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
4.1.	Cables conductores seleccionados	44
4.2.	Funcionamiento del sistema de control eléctrico	44
4.2.1.	<i>Voltaje de entrada trifásica</i>	44

4.2.2.	<i>Alimentación del sistema de control eléctrico</i>	45
4.2.3.	<i>Energizar el módulo</i>	45
4.2.4.	<i>Identificación de los tomacorrientes del sistema de control eléctrico</i>	46
4.2.5.	<i>Funcionamiento manual</i>	46
4.2.6.	<i>Funcionamiento automático</i>	47
4.2.7.	<i>Funcionamiento de los tomacorrientes</i>	48
4.2.8.	<i>Funcionamiento del supervisor de voltaje</i>	48
4.2.9.	<i>Funcionamiento del relé térmico</i>	49
4.2.10.	<i>Funcionamiento de los diferentes módulos y equipos</i>	50
4.2.10.1.	<i>Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus</i>	50
4.2.10.2.	<i>Funcionamiento del baño cinemático térmico plus</i>	50
4.2.10.3.	<i>Funcionamiento del CPU y monitor</i>	51
4.2.10.4.	<i>Funcionamiento del fluidScan series 1000</i>	51
4.2.10.5.	<i>Funcionamiento del módulo de desgaste de elementos rotativos</i>	52
4.2.10.6.	<i>Funcionamiento del módulo de ejes cruzados de desgaste</i>	52
4.2.10.7.	<i>Funcionamiento del analizador rápido de aceites</i>	53
4.2.10.8.	<i>Funcionamiento del equipo placas calientes Nuova II</i>	53
4.2.10.9.	<i>Funcionamiento del viscosímetro digital rotacional</i>	54
4.2.11.	<i>Funcionamiento del paro de emergencia</i>	54
4.3.	Costos	55
4.3.1	<i>Determinación de costos</i>	55
 CAPÍTULO V		56
 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		56
5.1.	Conclusiones	56
5.2.	Recomendaciones	56

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Niveles de tensión en Ecuador	5
Tabla 2-2: Corriente de los conductores eléctricos	7
Tabla 2-3: Normas nacionales e internacionales.....	11
Tabla 2-4: Corriente que soportan las barras de cobre.....	13
Tabla 3-1: Listado de módulos y equipos del laboratorio.....	20
Tabla 3-2: Protecciones de cada módulo y equipo.....	34
Tabla 4-1: Conductores del sistema de control eléctrico	44
Tabla 4-2: Voltaje de cada módulo/equipo	46
Tabla 4-3: Recursos económicos.	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Bornes de conexión.....	6
Ilustración 2-2: Bornera de puesta a tierra.	6
Ilustración 2-3: Selector de tres posiciones.....	8
Ilustración 2-4: Supervisor de voltaje	8
Ilustración 2-5: Voltímetro digital.....	9
Ilustración 2-6: Breaker o disyuntor.....	9
Ilustración 2-7: Puesta a tierra en un tablero principal.....	10
Ilustración 2-8: Base de relé y relé auxiliar.....	10
Ilustración 2-9: Relé térmico 2,5 -4 A.....	10
Ilustración 2-10: Mantenimiento preventivo de tableros.....	11
Ilustración 2-11: Módulo lógico programable.....	12
Ilustración 2-12: Barras colectoras de cobre	13
Ilustración 2-13: Altura máxima para estantes o módulos	14
Ilustración 2-14: Señal de advertencia	15
Ilustración 3-1: Analizador ferrográfico.....	21
Ilustración 3-2: Baño cinemático térmico plus.....	22
Ilustración 3-3: FluidScan series 1000	23
Ilustración 3-4: Microscopio Olympus.....	23
Ilustración 3-5: Módulo de desgaste de elementos rotativos.....	24
Ilustración 3-6: Módulo de ejes cruzados de desgaste	25
Ilustración 3-7: Analizador rápido de aceites.....	25
Ilustración 3-8: Placas calientes Nuova II.....	26
Ilustración 3-9: Viscosímetro digital rotacional	27
Ilustración 3-10: Tubo cuadrado 40x2mm	28
Ilustración 3-11: Tubo rectangular 60x40x2mm.....	29
Ilustración 3-12: Perfil estructural: Ángulo “L” doblado.....	29
Ilustración 3-13: Perfil laminado-Platina	29
Ilustración 3-14: Tubo estructural redondo	30
Ilustración 3-15: Vista isométrica de la estructura metálica	30
Ilustración 3-16: Vista isométrica del tablero metálico.....	31
Ilustración 3-17: Diagrama de fuerza.....	32
Ilustración 3-18: Diagrama de control.....	33
Ilustración 3-19: Programación del circuito de control.....	35

Ilustración 3-20: Configuración de Ethernet	36
Ilustración 3-21: Comunicación Ethernet del programa al módulo lógico programable	36
Ilustración 3-22: Selección del tamaño de la pantalla táctil y serie.....	37
Ilustración 3-23: Configuración Ethernet en la pantalla táctil.....	37
Ilustración 3-24: Ingreso de la dirección IP	38
Ilustración 3-25: Pantalla táctil en software VT Designer	38
Ilustración 3-26: Ingreso de datos y configuración en la pantalla 1.....	39
Ilustración 3-27: Configuración de botones, lámparas de encendido y apagado	39
Ilustración 3-28: Corte de canaletas y riel DIN.....	40
Ilustración 3-29: Montaje de elementos en la puerta.....	40
Ilustración 3-30: Medición y corte de cada pieza estructural.....	41
Ilustración 3-31: Soldadura de la estructura metálica	41
Ilustración 3-32: Pintura y ensamblaje de las maderas de la estructura metálica.....	42
Ilustración 3-33: Lógica cableada	42
Ilustración 3-34: Sistema de control eléctrico móvil implementando en el laboratorio.....	43
Ilustración 4-1: Voltaje de entrada para el módulo	44
Ilustración 4-2: Conexión del tomacorriente trifásico.....	45
Ilustración 4-3: Verificación del módulo energizado.....	45
Ilustración 4-4: Voltaje de los tomacorrientes.....	46
Ilustración 4-5: Funcionamiento de manera manual	47
Ilustración 4-6: Funcionamiento del sistema de control eléctrico de manera automática.....	47
Ilustración 4-7: Indicadores de la pantalla táctil.....	48
Ilustración 4-8: Funcionamiento de los tomacorrientes	48
Ilustración 4-9: Funcionamiento del supervisor de voltaje	49
Ilustración 4-10: Falla térmica	49
Ilustración 4-11: Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus.....	50
Ilustración 4-12: Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus.....	50
Ilustración 4-13: Funcionamiento del CPU y monitor	51
Ilustración 4-14: Funcionamiento del fluidScan series 1000	51
Ilustración 4-15: Funcionamiento del módulo de elementos de desgaste rotativos	52
Ilustración 4-16: Funcionamiento del módulo de ejes cruzados de desgaste	52
Ilustración 4-17: Funcionamiento analizador rápido de aceites	53
Ilustración 4-18: Funcionamiento del equipo Placas calientes Nuova II	53
Ilustración 4-19: Funcionamiento del viscosímetro digital rotacional	54
Ilustración 4-20: Funcionamiento del paro de emergencia	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1: Cargas trifásicas.....	16
Ecuación 2-2: Cargas monofásicas	16
Ecuación 2-3: Carga total.....	17
Ecuación 2-4: Factor de demanda.....	17
Ecuación 2-5: Máxima demanda de carga	17
Ecuación 2-6: Máxima demanda total	18

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANOS MECÁNICOS

ANEXO B: DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

ANEXO C: DIAGRAMA DE PROCESOS

ANEXO D: PLAN DE MANTENIMIENTO

RESUMEN

El Laboratorio de Tribología de la Carrera de Mantenimiento Industrial no contaba con un sistema de control eléctrico con conexión a los módulos. Por lo tanto, se presentó el Trabajo de Integración Curricular con el objetivo de implementar un sistema de control eléctrico móvil para asegurar el correcto funcionamiento de las conexiones eléctricas a los diferentes módulos y equipos. Este sistema funcionaría en dos modalidades: manual mediante pulsadores y automática mediante un módulo lógico programable con una pantalla táctil. Se utilizó la metodología centrada en el usuario, que consta de cuatro fases. En la fase de análisis, se identificó cada módulo y equipo. En la fase de recolección de información, se realizó un estudio de carga total para determinar todos los elementos de maniobra, protección y alimentación del sistema eléctrico. En la fase de principios de diseño, se realizó el diseño eléctrico y mecánico utilizando un software. Finalmente, se evaluó el diseño en términos de eficiencia, eficacia y satisfacción de uso. Se realizaron pruebas de funcionamiento en el sistema de control eléctrico móvil para verificar que la conexión eléctrica coincidiera con los diagramas realizados. Se evidenció que la alimentación es trifásica para el tablero eléctrico, del cual se distribuyen las diferentes conexiones a 220 V bifásica y 110 V monofásica. En conclusión, se logró implementar un sistema de control eléctrico móvil que funciona de manera adecuada para ser empleado en las prácticas de laboratorio y su correcta toma de datos.

Palabras clave: <MANTENIMIENTO INDUSTRIAL> <CONTROL ELÉCTRICO MOVIL> <MÓDULO LÓGICO PROGRAMABLE> <DISEÑO ELÉCTRICO> <DISEÑO MECÁNICO>.

0886-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

The Tribology Laboratory of the Industrial Maintenance Career had no electrical control system connected to the modules. Therefore, the Curricular Integration Work was presented to implement a mobile electrical control system to ensure the correct functioning of the electrical connections to the different modules and equipment. This system would work in two modes: manual using pushbuttons and automatic using a programmable logic module with a touch screen. The user-centered methodology, which consists of four phases, was used. In the analysis phase, each module and equipment was identified. In the information collection phase, a total load study was conducted to determine the electrical system's switching, protection, and power elements. Electrical and mechanical design was performed using software during the primary phase. Finally, the design was evaluated for efficiency, effectiveness, and user satisfaction. Functional tests were carried out on the mobile electrical control system to verify that the electrical connection coincides with the diagrams made. The power supply is three-phase to the electrical panel, from which the different connections are distributed to 220 V two-phase and 110 V single-phase. In conclusion, it was possible to implement a mobile electrical control system that works adequately for laboratory practices and correct data collection.

Keywords: <INDUSTRIAL MAINTENANCE> <MOBILE ELECTRICAL CONTROL> <PROGRAMMABLE LOGIC MODULE> <ELECTRICAL DESIGN> <MECHANICAL DESIGN>.

Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas de control eléctrico desempeñan un rol fundamental en aplicaciones industriales y comerciales, estos sistemas permiten controlar el funcionamiento de la maquinaria y dispositivos eléctricos, para ello se necesitan algunos componentes como: controladores, sensores, actuadores, interfaz de usuario, programación y lógica de control, seguridad y protección e integración de procesos industriales.

En el Laboratorio de Tribología de la Carrera de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se encuentran varios módulos diseñados para que los estudiantes lleven a cabo sus prácticas de manera adecuada, sin embargo; para mejorar su funcionamiento y facilitar la recolección de datos es necesario implementar un sistema de control eléctrico móvil.

Los módulos lógicos programables son muy utilizados en la industria, tienen varias aplicaciones como el control de maquinaria, control de procesos químicos, control en edificios de ascensores y escaleras mecánicas, en el campo farmacéutico y alimenticio, entre otros, siendo muy versátil. Además, se comunica con otros dispositivos, como con una pantalla táctil que de manera conjunta permite tener el control eficiente de varios procesos de manera automática.

En Ecuador los niveles de tensión se dividen en tres grupos, baja tensión que tiene valor hasta los 600 V, media tensión con valores desde 600 V hasta 40 kV y alta tensión con valores desde 40 kV hasta 138 kV. En la industria se utilizan valores de 110V, 220V Y 480 V para la operación de maquinaria y motores.

La metodología centrada en el usuario permite observar todas las necesidades del usuario y con sus cuatro fases identifica todos los requerimientos del diseño y permite realizar una evaluación entorno a la eficiencia, eficacia y satisfacción de uso.

El sistema de control puede presentar algunas fallas como sobre sobrevoltaje, caída de voltaje, falta de alguna fase y sobrecorriente que se indican a través de luces piloto de color rojo o alarmas sonoras. Para la desconexión total del sistema existe el paro de emergencia.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Laboratorio de Tribología enfrenta actualmente ciertos desafíos relacionados con la falta de un control eléctrico adecuado en algunos módulos. Además, carece de un sistema de conexión individualizado para cada uno de estos módulos, lo que está obstaculizando significativamente la ejecución de diversas prácticas experimentales y la recopilación de datos. Resolver estos problemas se ha convertido en una prioridad para optimizar el funcionamiento del laboratorio y mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Los módulos existentes en el laboratorio fueron originalmente diseñados para su funcionamiento en un lugar fijo, lo que conlleva dificultades al conectarlos a los tomacorrientes disponibles en el laboratorio para su funcionamiento. Este inconveniente está afectando negativamente la eficiencia y la versatilidad del laboratorio, ya que no se pueden realizar las prácticas de manera fluida, ni recopilar datos de manera eficaz debido a la falta de sistemas de control eléctrico y de conexión adecuados en los módulos.

1.2. Justificación

Hoy en día, la implementación de sistemas de control eléctrico es fundamental para mejorar la eficiencia, calidad, seguridad y competitividad. Con avances constantes en la innovación, la lógica de cableado tradicional está siendo reemplazada en gran medida por el uso de módulos lógicos programables. Estos módulos lógicos programables pueden programarse para llevar a cabo diversas funciones de control. Para establecer un sistema de control eléctrico eficiente, el proceso comienza en la fase de diseño, donde se seleccionan los materiales y las protecciones necesarias, se determina el tamaño del gabinete o tablero metálico y se programa el controlador. Entre los dispositivos ampliamente utilizados en la construcción de tableros eléctricos, destacan los módulos lógicos programables, éstos son compactos, constan de un módulo básico y módulos de expansión que se eligen según los requisitos de cada aplicación. Este enfoque modular los convierte en una solución versátil, rentable y fácil de usar, especialmente para tareas de control sencillas. La construcción sólida y compacta de los relés programables los hace adecuados para una amplia gama de aplicaciones, tanto en la industria como en edificios comerciales y

residenciales. (Siemens, 2021)

La implementación del sistema de control eléctrico móvil permitirá la automatización y supervisión de los módulos del Laboratorio de Tribología de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, esto brindará a los estudiantes una mayor facilidad durante sus prácticas y mejorará la adquisición de toma de datos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar un sistema de control eléctrico móvil con conexión a los módulos del Laboratorio de Tribología de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la carga de cada módulo existente en el Laboratorio de Tribología.

Elaborar los diseños mecánicos y eléctricos necesarios para el desarrollo del sistema de control eléctrico móvil.

Configurar el módulo lógico programable para controlar de manera automática el sistema de control eléctrico móvil.

Realizar pruebas de funcionamiento y ajuste del sistema de control eléctrico móvil.

Desarrollar un manual de operación y mantenimiento preventivo para el sistema de control eléctrico móvil.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico comprende las instalaciones, conductores y equipos requeridos para generar, transportar y distribuir energía eléctrica. Está subdividido en tres principales subsistemas: generación, transporte y distribución. (Jiménes et al., 2023 pág. 21)

2.1.1. Sistema eléctrico de potencia

Se trata de un conjunto de instalaciones y equipos empleados para generar, transformar, transmitir y distribuir la energía eléctrica con el objetivo de satisfacer la demanda de electricidad de manera eficiente en términos de costo y garantizando niveles óptimos de calidad, seguridad y fiabilidad. (Alarcón, 2021, pág. 22)

2.1.2. Sistema de distribución

Es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario, comprende las líneas primarias de distribución, los transformadores de distribución, líneas secundarias de distribución, acometidas y medidores. (Yebra, 2021 pág. 2)

2.1.3. Sistema trifásico y monofásico

El sistema trifásico se compone de la unión de tres circuitos de corriente alterna monofásicos con características idénticas en amplitud, frecuencia y orden, con un desfase de 120° entre ellos. Por otro lado, el sistema monofásico consta únicamente de una fase de corriente alterna. (Quevedo 2023, pág. 52)

2.2. Niveles de tensión

El nivel de baja tensión es comprendido entre los 200 V, 380 V y 480 V, siendo común en los niveles mencionados de tensión para instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales, por lo general en instalaciones internas se emplea un voltaje de 220 VAC. (Meza, 2022, pág. 9)

Tabla 2-1: Niveles de tensión en Ecuador

Tipo	Valor
Baja tensión (B.T)	Menores a 600 V
Media tensión (M.T)	Desde 600 V hasta 40 kV
Alta tensión (A.T.)	Desde 40 kV hasta 138 kV

Fuente: (ARCERNNR 2023)

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3. Tableros eléctricos

Los tableros eléctricos son equipos constituidos por un gabinete, armario, envolvente o caja (en lo que sigue se utilizará el término ‘gabinete’) que alojan los elementos para cumplir con las funciones asignadas en el proyecto del tablero mismo, por ejemplo, medición, protección, maniobra, señalización, alarmas, conexas, etc. de los circuitos de una instalación eléctrica. (Farina, 2019, pág. 2)

Un tablero eléctrico o cuadro eléctrico es una disposición de múltiples dispositivos de protección y control dentro de una o más envolventes. En un tablero eléctrico se pueden distinguir las siguientes partes:

- La caja, también conocida como envolvente según las normativas, que tiene la función de proporcionar soporte y protección mecánica a los componentes que contiene.
- El equipamiento eléctrico, compuesto por los dispositivos, las conexiones internas y los terminales de entrada y salida diseñados para la conexión a la instalación eléctrica. (Camasca, 2022, pág. 33)

2.3.1. Elementos de maniobra de los tableros eléctricos

Los dispositivos de maniobra representan una de las cuatro funciones esenciales del control industrial. Su principal tarea radica en iniciar o detener la alimentación de los dispositivos receptores. (Ojeda & Olmedo, 2021, pág. 8)

2.3.1.1. Portabarras

El aislador portabarra tiene núcleo aislante de fibra de vidrio impregnada en resina epóxica con acabado conductores activos, el cual garantiza una óptima capacidad de aislamiento eléctrico; ofreciendo elevados valores de resistencia mecánica y también como elemento espaciador y/o de

rigidez de un sistema formado por barras conductoras en cobre y/o aluminio. (Stronger electric, 2021, pág. 1)

2.3.1.2. Bornes de conexión

Son dispositivos utilizados como conectores de cable, los cuáles evitan la necesidad de enmienda de hilos eléctricos, también tienen la labor de distribuir energía dentro del grupo instalado. No obstante, se necesita brindarles revisión constante. Mientras mayor sea el diámetro del receptáculo éste permitirá la conexión del cableado rígido sin necesidad de utilizar terminales “puntera”. (Lombeida & Samaniego, 2022, pág. 12)



Ilustración 2-1: Bornes de conexión

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.1.3. Bornera de puesta a tierra

El aterrizaje de los equipos debe estar compuesto por una o varias borneras, que servirán para mandar el conductor a tierra. Debido a su construcción compacta el ahorro de espacio y brinda mayor comodidad de cableado y tiene facilidad de fijación en Riel DIN. (Lombeida & Samaniego, 2022, pág. 12)



Ilustración 2-2: Bornera de puesta a tierra.

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.1.4. Canaleta

Elemento plástico, se utiliza para almacenar los cables de conexión de todos los elementos y disponer de una protección adecuada para no producir llama. (Burbano, 2020, pág. 27)

2.3.1.5. Cables eléctricos

Es un conductor o un grupo de ellos que se envuelve con algún protector o material aislante. Éstos cumplen la función de conducir electricidad y varían según su composición de acuerdo a la finalidad que tengan. Están formados por uno o más materiales conductores, un material aislante y una funda protectora. Para tableros eléctricos se utiliza conductores de cobre que tienen una conductividad relativa del 95%. (Lagos & Mendoza, 2020, pág. 14)

Tabla 2-2: Corriente de los conductores eléctricos

AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES DE COBRE					
Temperatura (°C)	60	75	90	60	
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida/ Calibre del conductor (AWG)	Amperaje soportado(A)			Medida/ Calibre del conductor (AWG)	Amperaje soportado (A)
14	15	15	15	20	2
12	20	20	20	18	10
10	30	30	30	16	13
8	40	40	40	14	18
6	55	55	55	12	25
4	70	70	70	16	13

Fuente: MEJÍA & RUIZ, 2022

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.1.6. Contactor

Se define como un dispositivo mecánico para la conexión y desconexión eléctrica, activado por cualquier forma de energía, con la capacidad de interrumpir y permitir el flujo de corriente en condiciones normales del circuito, incluyendo situaciones de sobrecarga. En la industria, estos dispositivos funcionan utilizando energía magnética generada por una bobina. (Tenempaguay, 2022, pág. 9)

2.3.1.7. Pulsadores

Estos dispositivos son de accionamiento manual y están diseñados para activar otros dispositivos como contactores, relés, lámparas, entre otros. Carecen de cualquier tipo de enclavamiento mecánico. (Ojeda & Olmedo, 2021, pág. 9).

2.3.1.8. Riel DIN

Barra metálica normalizada, utilizada para ubicar los elementos dentro del tablero. (Burbano, 2020)

2.3.1.9. Selector de tres posiciones

Estos componentes son dispositivos de accionamiento manual. A diferencia de los pulsadores, su funcionamiento implica mantener una posición única una vez activados hasta que se los vuelva a accionar manualmente para volver a su posición inicial. (Aguirre & Hidalgo, 2022, pág. 35)



Ilustración 2-3: Selector de tres posiciones

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.1.10. Supervisor de voltaje

El supervisor de tensión está diseñado para vigilar el voltaje en las fases de entrada al sistema, lo que garantiza una protección efectiva de la red contra fallos y averías causadas por desequilibrios de voltaje, sobre y sub tensión, pérdida de fase, secuencias erróneas y cortocircuitos de ciclo rápido. (Bravo & Cepeda, 2021, págs. 47-48)



Ilustración 2-4: Supervisor de voltaje

Fuente: ImportGP, 2023.

2.3.1.11. Voltímetro digital

Es un medidor luminoso que indica el voltaje de un circuito. (Novatronic 2024)



Ilustración 2-5: Voltímetro digital

Fuente: Novatronic, 2024.

2.3.2. Elementos de protección de tableros eléctricos

Protección de equipos y máquinas eléctricas contra sobrecorriente, sobrecorriente temporizada, baja y sobre tensión, sobre carga térmica, protecciones de distancia, protecciones diferenciales entre otras. (Restrepo, 2023, pág. 20)

2.3.2.1. Breaker o disyuntor

Es un interruptor automático que abre un circuito eléctrico en el caso de existir una sobrecorriente causada por cortos y sobre cargas en la instalación eléctrica. Van conectados en serie con el circuito eléctrico y se presentan según su capacidad de corriente, por lo general 15, 20, 30, 40, 50 amperios (A), en adelante. (Morales & Sandoya, 2021, pág. 10)



Ilustración 2-6: Breaker o disyuntor

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.2.2. Puesta a tierra de tableros eléctricos

Se trata de conectar dispositivos eléctricos y electrónicos utilizando conductores para establecer una conexión a tierra, con el objetivo de prevenir daños causados por corrientes transitorias

peligrosas y facilitar el desvío de corrientes de falla o sobredescargas hacia la tierra. (Tenempaguay, 2022, pág. 6).



Ilustración 2-7: Puesta a tierra en un tablero principal

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.2.3. Relé auxiliar

Actúa como un interruptor que abre y cierra el circuito, manteniendo el aislamiento entre los circuitos de alimentación y control de máquinas, motores y equipos. (Cetti, 2021, pág. 1)



Ilustración 2-8: Base de relé y relé auxiliar

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.2.4. Relé térmico

Es un mecanismo de protección activado por corrientes excesivas debido a sobrecargas, empleado en la seguridad de motores eléctricos. Se calibran para evitar que se activen con la corriente inicial de arranque del motor. Para ajustar este umbral de corriente, se toman en cuenta la potencia del motor, el factor de potencia y el nivel de sobrecarga que puede tolerar la máquina. (Aguirre & Hidalgo, 2022, págs.33-34)



Ilustración 2-9: Relé térmico 2,5 -4 A.

Fuente: Schneider electric, 2024.

2.3.3. Normativa

La fabricación de los tableros eléctricos se elabora en materiales de plancha laminada al frío (LAF) o acero inoxidable, está realizada bajo ciertas normas nacionales e internacionales. (Martínez, 2021, pág. 23)

Tabla 2-3: Normas nacionales e internacionales.

Norma	Descripción
NEC	Normativa Ecuatoriana de Construcción
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

Fuente: Martínez, 2021.

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.3.4. Mantenimiento de tableros eléctricos

Para garantizar el correcto funcionamiento de los tableros eléctricos y prolongar su vida útil, es necesario llevar a cabo un adecuado mantenimiento. Existen diferentes tipos de mantenimiento aplicables a los tableros, entre ellos el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. (Mejía et al, 2023, pág. 1)



Ilustración 2-10: Mantenimiento preventivo de tableros

Realizado por: Alpusig M., 2024.

- El mantenimiento preventivo tiene como objetivo prevenir fallas y prolongar la vida útil de los equipos mediante la realización de inspecciones y limpiezas periódicas.
- El mantenimiento predictivo, por su parte, utiliza técnicas de monitoreo para detectar posibles fallas antes de que ocurran y tomar medidas para prevenirlas.
- El mantenimiento correctivo, se lleva a cabo cuando ya ha ocurrido una falla y es necesario reparar o reemplazar componentes dañados. (Mejía et al., 2023, pág. 1)

2.4. Módulo lógico programable

El módulo lógico programable es un controlador lógico compacto utilizado para la gestión de actividades en procesos industriales. Se trata de un dispositivo electrónico capaz de abordar el control, maniobra y señalización de circuitos complejos para la automatización. (Acán & Paucar, 2022, pág. 17)

Se caracterizan por el tamaño compacto (reducido espacio) a emplear y por su costo-beneficio, siendo equipos para aplicaciones pequeñas y de medianos usos, procesos para producciones variables y secuenciales. (Acán & Paucar, 2022, pág. 17)



Ilustración 2-11: Módulo lógico programable

Fuente: (Siemens, 2023)

2.5. Pantalla táctil

Dispositivo que permite de manera local al usuario monitorear y controlar los diferentes servicios del sistema domótico. La comunicación entre la pantalla y el módulo lógico programable, lo hace por el protocolo Ethernet que tienen ambos dispositivos incorporados. (Ayala, 2020, pág. 43)

2.6. Barras colectoras

Una barra colectoras es un conductor de corriente que no está constituida por cables sino de barras gruesas, éstas comúnmente son de cobre o de aluminio. (Huertas, 2021, págs. 13-14)

2.6.1. Barras colectoras de Cu

Son conductores de corriente que se instalan desnudos y aislados convenientemente. Tienen la función de distribuir energía eléctrica o alimentar equipos de gran capacidad. (Odar & Palacios, 2019, pág 18)



Ilustración 2-12: Barras colectoras de cobre

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.6.1.1. Selección de las barras de cobre

Los códigos de colores según la norma NEC para las barras de cobre son: rojo, negro, amarillo o azul para la fase, color blanco para neutro y color verde para tierra. (Cuyo, 2023, pág. 21)

Las barras de cobre soportan diferentes corrientes. En caso de que se utilice material conductor distinto del cobre, su resistencia eléctrica por unidad de longitud no deberá exceder el valor permitido para un conductor de cobre y su sección no deberá ser inferior a 16 mm^2 . (IEC 60204-1, 2021)

Tabla 2-4: Corriente que soportan las barras de cobre

Medidas (Pulgadas)	Corriente que soporta (A)
$\frac{1}{8} * \frac{1}{2}$	172
$\frac{1}{8} * \frac{3}{4}$	206
$\frac{1}{8} * 1$	263
$\frac{3}{16} * \frac{3}{4}$	249

Fuente: SUMELEC, 2024.

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.7. Ergonomía

Según la Asociación Española de Ergonomía, “la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.” Para módulos verticales se recomienda que la altura máxima sea de 1854 mm, siendo aproximadamente 1787 mm la altura máxima para colocar estantes o módulos. (Vargas, 2022, pág. 56)

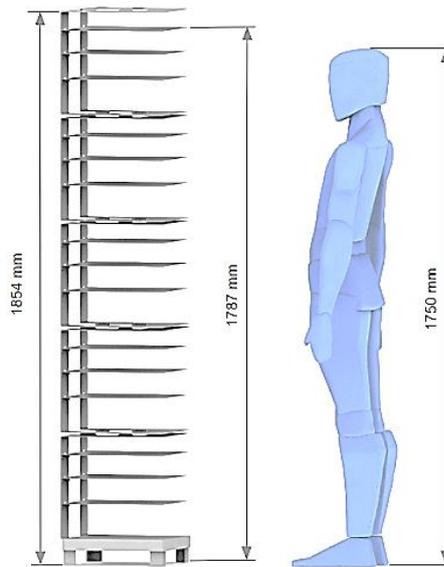


Ilustración 2-13: Altura máxima para estantes o módulos

Fuente: Vargas, 2022.

2.8. Seguridad tableros eléctricos

Es la identificación de peligros en los tableros eléctricos asociados con el uso de la energía eléctrica y la toma de precauciones para reducir el riesgo que representan dichos peligros, permite la aplicación de controles para minimizar los riesgos existentes. (Heredia, 2021, pág. 11)

2.8.1. Operaciones de emergencia

Este estado se presenta cuando la operación del sistema eléctrico se separa del estado normal de operación, se desconectan elementos del sistema eléctrico en forma no programada. (Pérez et al., 2022)

2.8.1.1. Arranque de emergencia

Es una operación de emergencia pensada para arrancar un proceso o un movimiento para eliminar o evitar una condición peligrosa. (IEC 60204-1, 2021)

2.8.1.2. Desconexión de emergencia

Es una operación de emergencia pensada para cortar la alimentación de energía eléctrica a la totalidad o a parte de una instalación en la que existe riesgo de choque eléctrico u otro riesgo de origen eléctrico. (IEC 60204-1, 2021)

2.8.1.3. Conexión de emergencia

Es una operación de emergencia pensada para conectar la alimentación de energía eléctrica o a parte de una instalación, concebida para ser utilizada en situaciones de emergencia. (IEC 60204-1, 2021)

2.8.1.4. Parada de emergencia

Es una operación de emergencia pensada para parar un proceso o un movimiento que ha llegado a ser peligroso. (IEC 60204-1, 2021)

2.8.2. Señales de advertencia

Las envolventes que no muestren claramente que contienen dispositivos eléctricos deberán estar marcadas con un rayo negro sobre un fondo amarillo dentro de un triángulo negro. Deberá ser claramente visible sobre la puerta o cubierta de la envolvente. (IEC 60204-1, 2021)



Ilustración 2-14: Señal de advertencia

Realizado por: Alpusig M., 2024.

2.8.3. Seguridad según UNE-EN 14056:2004

Salidas de tomas eléctricas: Las salidas de tomas eléctricas que incluyen las tomas eléctricas de tensión normal o especial, las salidas para telecomunicaciones y las salidas para redes informáticas, deberían situarse de forma que se reduzca al mínimo el riesgo de salpicaduras de líquidos. Es recomendable que las salidas no se instalen en lugares donde las clavijas puedan desconectarse accidentalmente. (UNE-EN14056, 2004, pág. 13)

En el caso de mesas destinadas a aplicaciones eléctricas, físicas (electricidad) o electrónicas, que pueden estar expuestas a tensiones peligrosas, es conveniente considerar lo siguiente: En la medida de lo posible, es conveniente que la superficie de trabajo y sus accesorios, incluyendo las tomas de corriente, estén fabricados con materiales aislantes. Conviene que todos los elementos

metálicos, a excepción de los equipos de laboratorio, que estén al alcance de la persona que utiliza la mesa, estén recubiertos de un material aislante. Estos elementos metálicos y todos aquellos elementos que no estén aislados, conviene que tengan toma de tierra. (UNE-EN14056, 2004)

2.9. Cálculos para el análisis de carga

Condiciones necesarias para realizar los diagramas de fuerza y control del sistema de control eléctrico.

2.9.1. Carga instalada

Es la suma de potencias nominales de aparatos y equipos de consumo que se encuentran conectados a un sistema o a parte de él, se expresa generalmente en kVA, MVA, kW o MW. (Giler & Sandoya, 2022, pág. 48)

2.9.1.1. Cálculo de cargas trifásicas

$$I_n = \frac{P_{3\phi}}{V_F * \sqrt{3} * \cos\theta * \mu}$$

Ecuación 2-1: Cálculo de cargas trifásicas

2.9.1.2. Cargas monofásicas

$$I_n = \frac{P_{1\phi}}{V_F}$$

Ecuación 2-2: Cálculo de cargas monofásicas

Donde:

- I_n =Corriente nominal en amperios (A)
- $P_{3\phi}$ =Potencia trifásica (kW)
- $P_{1\phi}$ =Potencia monofásica (kW)
- $\cos\theta$ =Factor de potencia con un valor de 0,85
- μ =eficiencia
- V_F =Voltaje de Fase (en V), voltaje entre fases para el motor trifásicos y voltaje entre las terminales de los motores monofásicos. Un motor monofásico puede estar conectado fase a neutro o fase a fase. (Oñate, 2022, pág 5)

2.9.1.3. Carga total

$$I_t = I_N * f_s$$

Ecuación 2-3: Cálculo de carga total

Donde:

- I_t =Carga total
- I_N =Carga monofásica o trifásica
- f_s =Factor de seguridad con un valor de 1.25

2.9.2. Demanda.

Es la suma de potencia que un usuario emplea en un periodo de tiempo. Es tomada como un valor medio en un intervalo determinado. (Matabajoy, 2022, pág. 6)

2.9.2.1. Factor de demanda

Se refiere a la relación entre la demanda máxima de energía de una carga y su potencia instalada. El resultado siempre es igual o menor que 1. Se utiliza el valor de 0,90. (Matabajoy 2022, pág. 6)

2.9.2.2. Demanda en kVA

$$d = mdt * \cos\theta$$

Ecuación 2-4: Cálculo de demanda en kVA

2.9.2.3. Máxima demanda de carga

Se trata del valor máximo de las demandas de potencia en cada período para cada carga o equipo. Se calcula multiplicando la potencia instalada de cada carga por su correspondiente factor de demanda. (Yucra, 2023, pág. 26)

$$mdc = P * fd$$

Ecuación 2-5: Cálculo de máxima demanda de carga

Donde:

- mdc =máxima demanda de carga

- P=Potencia
- fd=Factor de demanda

2.9.2.4. *Máxima demanda total*

Se refiere al valor máximo de las demandas de potencia en cada período, obtenido al multiplicar la suma de las máximas demandas de todas las cargas por el factor de simultaneidad. (Yucra, 2023, pág. 26)

$$mdt = \sum mdc * fs$$

Ecuación 2-6: Cálculo de máxima demanda total

Donde:

- mdt=máxima demanda total
- $\sum mdc$ =Suma de la máxima demanda de todas las cargas
- fs=Factor de simultaneidad

2.9.3. *Factor de simultaneidad*

Se refiere al valor máximo de las demandas de potencia en cada período, obtenido al multiplicar la suma de las máximas demandas de todas las cargas por el factor de simultaneidad. Valor recomendado 0,9. (Yucra, 2023, pág. 25)

2.10. **Metodología del diseño**

Consiste en el desarrollo de un producto o equipo mecánico utilizando diferentes procesos de diseño en varias etapas. (Aguirre & Hidalgo, 2022, pág 7)

2.10.1. *Metodología QFD*

El método QDF (Quality Function Deployment) se utiliza para traducir todas las características que un producto debe tener a lo largo de su proceso de fabricación. En otras palabras, al obtener las expectativas del cliente, se establecen todos los parámetros y se define concretamente el producto. (Bazantes & Ramos, 2023, pág. 27)

El objetivo principal del método QFD es convertir las demandas de un cliente en especificaciones técnicas. Esta información se recopila a través de encuestas, entrevistas y formularios, lo que

permite acceder a clientes potenciales. Luego, mediante el procesamiento estadístico de una muestra de datos, se determinan los requisitos que el cliente necesita que tenga un producto específico. (Aguirre & Hidalgo, 2022, pág. 7)

2.10.2. Metodología UCD

Diseño centrado en el usuario de sus siglas en inglés UCD, User centerde designed es una metodología que describe los procesos de diseño que los usuarios finales influyen en cómo un diseño toma forma. (Figueroa & Rivera, 2023)

Consiste en diseñar un producto basado en el análisis de las necesidades de los usuarios a los que va dirigido, considerando factores de usabilidad como la eficiencia, la eficacia y la satisfacción de uso, consta de las siguientes etapas: fase de análisis, recolección de información, principios de diseño, fase de evaluación del diseño. (Ho et al, 2022, pág. 1)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO MÓVIL

Para el desarrollo de este capítulo se utilizará la Metodología Diseño Centrado en el Usuario, es una metodología que se adapta a las necesidades del usuario, en este caso, los estudiantes de Tribología contarán con un diseño flexible que se adaptará para la realización de las diferentes prácticas, y su respectiva toma de datos.

3.1. Fase de análisis

Identificación de cada uno de los módulos y equipos existentes en el Laboratorio de Tribología.

Tabla 3-1:Listado de módulos y equipos del laboratorio

Analizador ferrográfico
Baño cinemático térmico plus
CPU y monitor
FluidScan series 1000
Microscopio Olympus
Módulo de desgaste de elementos rotativos
Módulo de ejes cruzados de desgaste
Analizador rápido de aceites
Placas calientes Nuova II
Viscosímetro digital rotacional

Realizado por: Alpusig M., 2024.

3.2. Recolección de información

Utilizando la Tabla 3-1 se realiza el estudio de carga de cada elemento y equipo, verificando la placa de especificaciones técnicas de cada uno.

3.2.1. Estudio de carga de cada módulo y equipo

a. Analizador ferrográfico

- Voltaje: 120 V
- Corriente: 1,5 A

- Potencia: 0,18 kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{180 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 1,5 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga con la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc} = 180 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc} = 162 \text{ W}$$



Ilustración 3-1: Analizador ferrográfico

Realizado por: Alpusig M., 2024.

- b. Baño cinemático térmico plus

- Voltaje: 120V
- Corriente: 9A
- Potencia: 1,08kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{1080 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 9 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc} = 1080 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc} = 972 \text{ W}$$



Ilustración 3-2: Baño cinemático térmico plus

Realizado por: Alpusig M., 2024.

- c. Monitor y CPU
- Voltaje: 120V
- Corriente: 3,75 A
- Potencia: 0,45 kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{450 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 3,75 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\begin{aligned} \text{mdc} &= 450 \text{ W} * 0,90 \\ \text{mdc} &= 405 \text{ W} \end{aligned}$$

- d. FluidScan series 1000
- Voltaje: 120V
- Corriente: 1A
- Potencia: 0,12kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{120 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 1 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$mdc=120W * 0,90$$

$$mdc=108 W$$



Ilustración 3-3: FluidScan series 1000

Realizado por: Alpusig M., 2024.

e. Microscopio Olympus

- Voltaje: 120V
- Corriente: 1,8A
- Potencia: 0,21kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{P_{1\phi}}{V_F} = \frac{210 W}{120 V} = 1,8 A$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$mdc=210W * 0,90$$

$$mdc=189 W$$



Ilustración 3-4: Microscopio Olympus

Realizado por: Alpusig M., 2024.

f. Módulo de desgaste de elementos rotativos

- Voltaje: 220V-3F
- Corriente: 3,26A
- Frecuencia: 60Hz
- $\cos \theta$: 0,76
- Eficiencia: 79,6%
- Potencia: 0,75 kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-1

$$I_n = \frac{750 \text{ W}}{220 * \sqrt{3} * 0,76 * 0,79} = 3,28 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc} = 750 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc} = 675 \text{ W}$$



Ilustración 3-5: Módulo de desgaste de elementos rotativos

Realizado por: Alpusig M., 2024.

g. Módulo de ejes cruzados de desgaste

- Voltaje: 220V-3F
- Corriente: 3,07A
- Frecuencia: 60Hz
- $\cos \theta$: 0,82
- Potencia: 0,75 kW

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-1.

$$I_n = \frac{750 \text{ W}}{220 * \sqrt{3} * 0,82 * 0,79} = 3,04 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc} = 750 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc} = 675 \text{ W}$$



Ilustración 3-6: Módulo de ejes cruzados de desgaste

Realizado por: Alpusig M., 2024.

h. Analizador rápido de aceites

- Voltaje: 120V
- Corriente: 1,6A
- Potencia: 0,19kW



Ilustración 3-7: Analizador rápido de aceites

Realizado por: Alpusig M., 2024.

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{190 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 1,58 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc}=190 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc}=171 \text{ W}$$

i. Placas calientes Nuova II

- Voltaje: 120V
- Corriente: 7A
- Potencia: 0,84kW
- Ver ilustración 3-8.

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{840 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 7 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc}=840 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc}=756 \text{ W}$$



Ilustración 3-8: Placas calientes Nuova II

Realizado por: Alpusig M., 2024.

j. Viscosímetro digital rotacional

- Voltaje: 120V
- Corriente: 0,5 A
- Potencia: 0,06Kw

Cálculo de la carga instalada, utilizando la Ecuación 2-2

$$I_n = \frac{60 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0,5 \text{ A}$$

Cálculo de la máxima demanda de carga, aplicando la Ecuación 2-4.

$$\text{mdc} = 60 \text{ W} * 0,90$$

$$\text{mdc} = 54 \text{ W}$$

- Cálculos para el breaker general

Aplicar las ecuaciones del cálculo de demanda en kVA de la Ecuación 2-4 y del cálculo de máxima demanda total correspondiente a la Ecuación 2-6.

Cálculo de la máxima demanda total, aplicando la Ecuación 2-6

$$\text{mdt} = 4162 \text{ W} * 0,90 = 4150,80 \text{ W} = 4,15 \text{ kW}$$

Cálculo de la demanda en kVA, aplicando la Ecuación 2-4

$$d = 4,15 \text{ kW} * 0,85$$

$$d = 3,52 \text{ kVA}$$



Ilustración 3-9: Viscosímetro digital rotacional

Realizado por: Alpusig M., 2024.

Cálculo de la carga para el breaker general, utilizando la Ecuación 2-1

$$I_n = \frac{4150,80 \text{ W}}{220 \text{ V} * \sqrt{3} * 0,85} = 12,98 \text{ A}$$

Cálculo de la carga total para el breaker general, aplicando la Ecuación 2-3

$$I_t = 12,98A * 1,25 = 16,22 \text{ A}$$

3.3. Principio de diseño

Se realizan los diagramas eléctricos y los planos mecánicos en un software de diseño.

3.3.1. Requerimientos de la parte mecánica móvil.

Se detallan todos los materiales estructurales que se utilizarán para la parte mecánica móvil, detallando medidas y demás elementos a utilizar en esta sección.

3.3.1.1. Estructura metálica

Tubo estructural cuadrado

- Medidas: 22mm(A) x2mm (e)
- Norma: NTE INEN 2415
- Calidad: SAE J 403 1008
- Acabado: Acero negro
- Se aplicará en la construcción del chasis

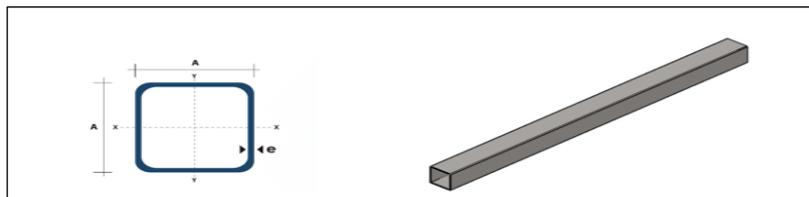


Ilustración 3-10: Tubo cuadrado 40x2mm

Fuente: DIPAC, 2022

Tubo estructural rectangular

- Medidas: 60x40x2mm
- Norma: NTE INEN 2415
- Calidad: SAE J 403 1008
- Acabado: Acero negro
- Se aplicará para la construcción del soporte del teclado.

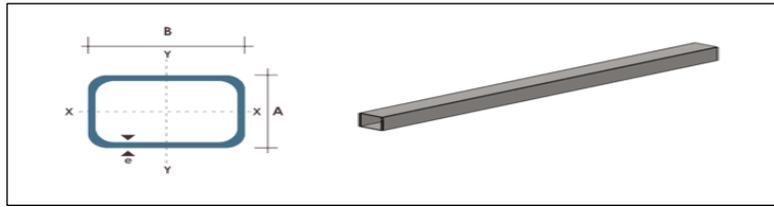


Ilustración 3-11: Tubo rectangular 60x40x2mm

Fuente: DIPAC, 2022

Perfil estructural: Ángulo “L” doblado

- Medidas: L 40x2mm
- Norma: NTE INEN 1623
- Calidad: ASTM A 36
- Acabado: Acero negro
- Se aplicará para la construcción del soporte de las divisiones del módulo, divisiones que servirán de soporte para herramientas y documentos.

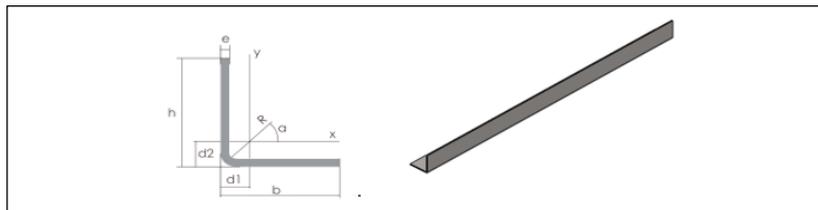


Ilustración 3-12: Perfil estructural: Ángulo “L” doblado

Fuente: DIPAC, 2022

Perfil laminado: Platina

- Medidas: 12 (A) x4 (e) mm
- Norma: NTN INEN 115
- Calidad: ASTM A 36 – SAE J 403 1008
- Acabado: Acero negro
- Se aplicará para la construcción del soporte del cable.

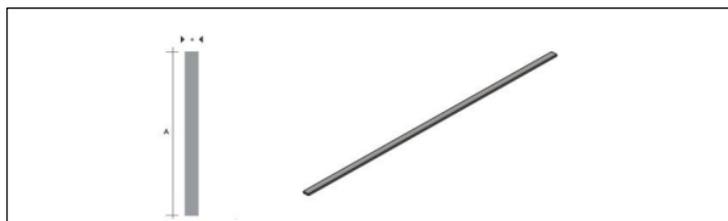


Ilustración 3-13: Perfil laminado-Platina

Fuente: DIPAC, 2022

Tubo estructural redondo

- Medidas: 1" de diámetro y espesor 1,5mm
- Norma: NTE INEN 2415
- Calidad: SAE J 403 1008
- Acabado: Acero negro
- Se aplicará para la construcción del manubrio del módulo.



Ilustración 3-14: Tubo estructural redondo

Fuente: DIPAC, 2022

La altura del chasis será de 1,71m, elaborado con tubo cuadrado de 40x40mm. Además, se colocará MDF para las divisiones colocadas en el módulo, se realizó divisiones para el soporte del CPU, teclado, monitor, mesa principal y otras divisiones para soporte de documentos o herramientas.

Se colocarán cuatro garruchas: dos móviles con freno, ubicadas en la parte delantera y dos fijas, ubicadas en la parte posterior. La selección se realizó de acuerdo al tipo de suelo, en este caso el piso es de baldosa, se implementan garruchas de poliuretano con un diámetro 3", cada una soporta un peso de 90kg, siendo necesaria para el soporte del tablero metálico y la estructura.

Es indispensable colocar un manubrio en la parte delantera para tener mejor manejo del chasis y movilidad del sistema dentro del laboratorio.



Ilustración3-15: Vista isométrica de la estructura metálica

Realizado por: Alpusig M., 2024.

3.3.2. *Requerimientos para el diseño del sistema de control eléctrico.*

Se detallan todos los elementos que se ubicarán en sistema de control según los requerimientos del usuario.

3.3.2.1. *Tablero eléctrico*

- Realizado con plancha galvanizada de 1/20" de espesor.
- Medidas: 700x600x200 mm.
- Recubrimiento de pintura electrostática Beige RAL 7032.
- Protección IP 65.
- Al interior del tablero eléctrico se coloca un plafón desmontable.
- Cable de conexión a tierra basado en la norma IEC 61439-1 que se refiere a los conjuntos de aparamenta de baja tensión donde nos indica que el conector de conductores de protección a tierra está conectado al chasis o a la estructura principal.
- Consta de un plafón metálico de medidas 610x570x150mm que tiene recubrimiento con pintura electroestática, es de tipo desmontable y servirá de base para el montaje de todos los elementos de maniobra, protección y alimentación eléctrica.

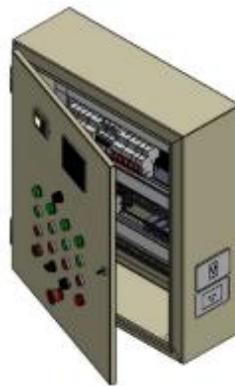


Ilustración3-16: Vista isométrica del tablero metálico

Realizado por: Alpusig M., 2024.

Los elementos de maniobra, protección y alimentación eléctrica que van montados en el plafón del tablero metálico se considerarán de acuerdo a las necesidades del usuario, para ello se realizó el respectivo diagrama de control y de fuerza según la simbología NEMA.

3.3.2.2. *Diagrama de fuerza*

- La distribución de energía trifásica se realizará desde un interruptor principal.

- La energía eléctrica será distribuida mediante barras de cobre. Para los tomacorrientes de 110V, la distribución se realizará con línea y neutro, para el tomacorriente de 220V, la energía será suministrada a través de dos líneas.
- Para garantizar la protección del sistema de 110V, se instalará un breaker y un contactor. Por otro lado, para proteger el sistema de 220V, se colocará un breaker, un contactor y un relé térmico destinado a la protección de los motores.

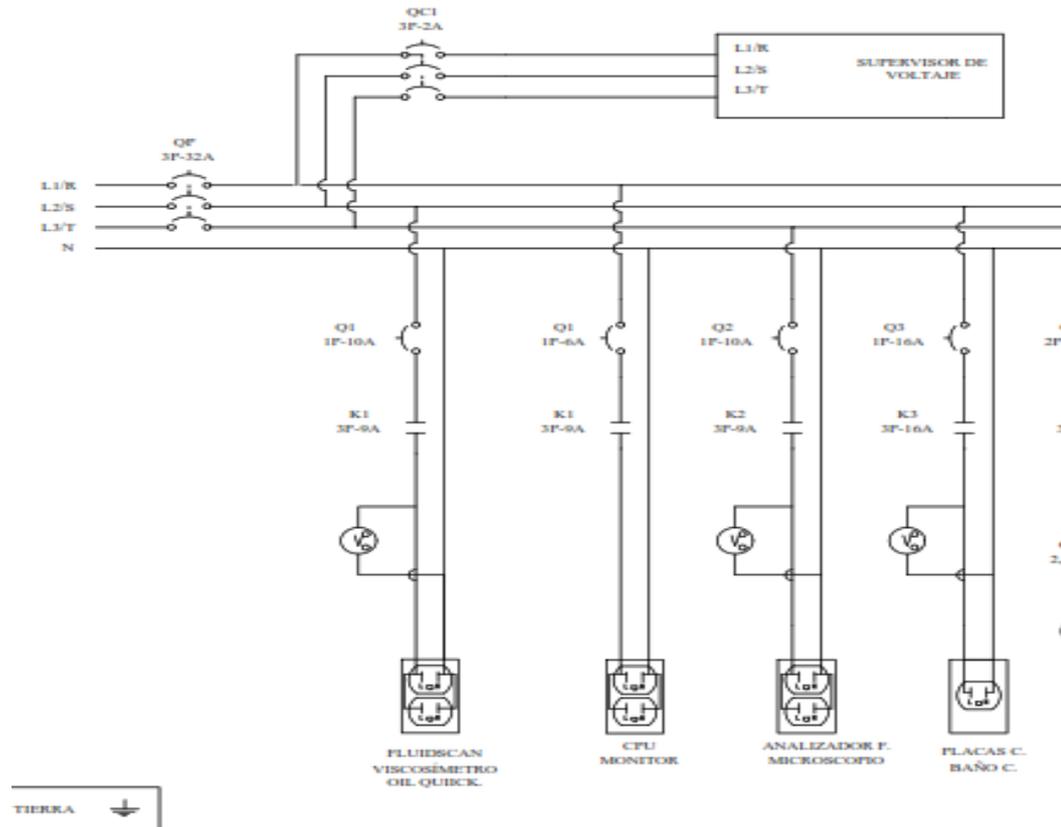


Ilustración 3-17: Diagrama de fuerza

Realizado por: Alpusig M., 2024.

3.3.2.3. Diagrama de control

Se indica la lógica cableada para el funcionamiento manual y automático del sistema de control.

Cada módulo o equipo, además de contar con su breaker de protección contará con su respectivo contactor, relé auxiliar, borneras que servirán para el control y fuerza del sistema de control eléctrico.

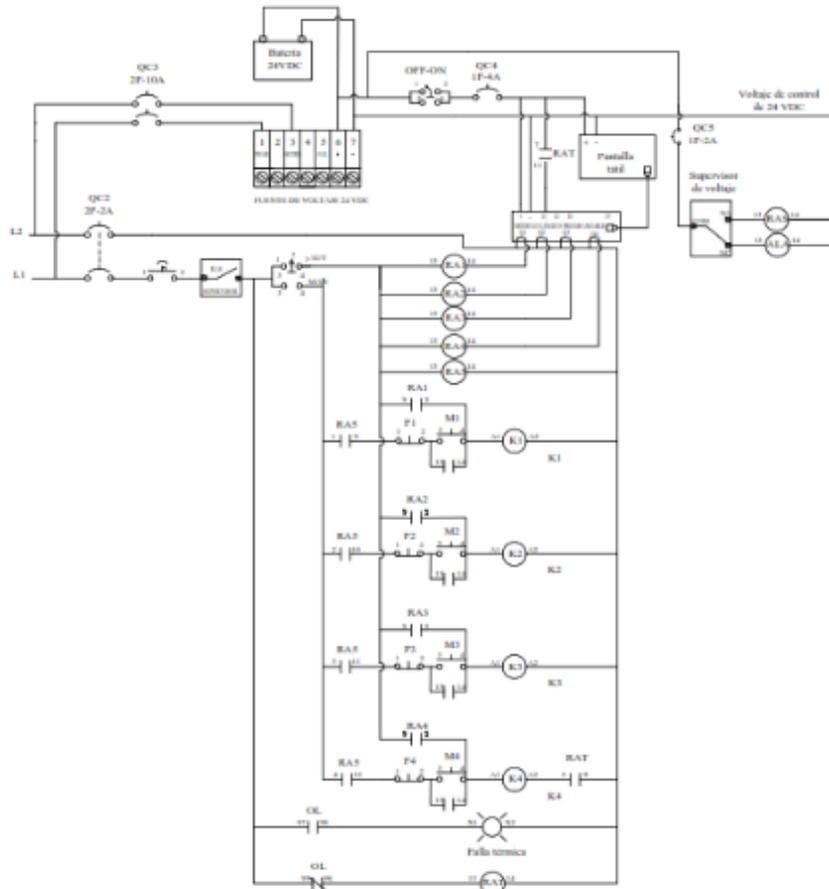


Ilustración 3-18: Diagrama de control

Realizado por: Alpusig M., 2024.

3.3.2.4. Elementos para el sistema de control

Son todos los elementos que se indican el diagrama de control de la Ilustración 3-18.

- Breaker general

El breaker general se selecciona mediante la Ecuación 2-3, dando un valor de $I_t=16,22A$. Al valor de corriente total se multiplica por 1,97 teniendo en cuenta que en el laboratorio implementará futuras cargas en un 97%, teniendo como resultado un breaker de 32A.

- Selección de las barras de cobre

Para la distribución de la energía eléctrica dentro del tablero eléctrico se eligen las barras de cobre según la Tabla 2-5, verificando la que se necesita en este caso. Se elige la barra de cobre de 1/8*1/2” que soporta hasta 172 A.

- Elementos de protección

Se detallan los amperios (A) de los contactores, breaker e indicará la denominación en los diagramas de control y fuerza.

Tabla 3-2: Protecciones de cada módulo y equipo

Elemento o equipo	Contactador	Breaker de protección (A)	Denominación en el diagrama de control y fuerza
Analizador ferrográfico y microscopio Olympus	3P-9A	1P-10A	Q2
Baño cinemático térmico plus o placas calientes Nuova II	3P-18A	1P-16A	Q3
CPU y monitor	3P-9A	1P-6A	Q1
FluidScan series 1000, analizador rápido de aceite y viscosímetro digital rotacional		1P-10A	Q1
Módulo de desgaste de elementos rotativos Módulo de ejes cruzados de desgaste	3P-9A	2P-10A	Q4
Protección del circuito de control	-	2P-2A	QC2
Protección de la alarma y supervisor de voltaje	-	1P-2A	QC4
Protección de la fuente de voltaje 24 VDC	-	2P-10A	QC3
Protección para pantalla táctil y módulo lógico programable	-	1P-4A	QC5
Protección de la acometida de sensado del supervisor de voltaje	-	3P-2A	QC1

Realizado por: Alpusig M., 2024.

3.3.3. Programación del módulo lógico programable y la pantalla táctil

Se detalla paso a paso la programación y comunicación mediante Ethernet del módulo lógico programable y la pantalla táctil para que el sistema de control eléctrico funcione de manera automática.

3.3.3.1. Programación módulo lógico programable

Descargar el programa LOGO! Soft Comfort V8.3. Debe existir la versión 8.0 para que el programa se ejecute de manera correcta, es un programa de acceso libre y gratuito.

Abrir el programa, observar el diagrama de control de la ilustración 3-18, elegir el lenguaje para realizar la programación, desarrollar la programación y guardar el archivo. Ver Ilustración 3-19.

- Datos del módulo lógico programable:

Encender el módulo mediante una fuente de 24 VDC, en la pantalla mediante las flechas acceder a Network, siguiente paso seleccionar IP Address y se desplegará la información que son los siguientes datos:

- Dirección IP: 192.168.000.003,
- Máscara de subred 255.255.255.0
- Entrada 192.168.000.001.

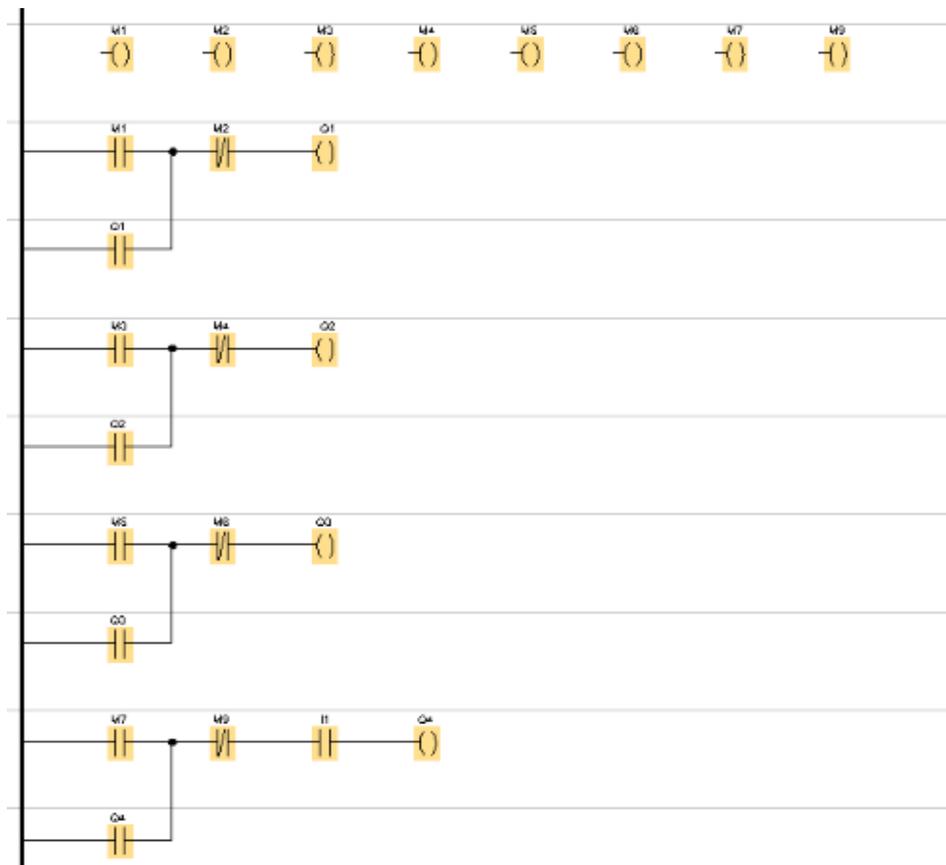


Ilustración 3-19: Programación del circuito de control

Realizado por: Alpusig M., 2024

- Conexión Ethernet desde el programa LOGO! Soft Comfort V8.3 hacia el módulo lógico programable.

Configurar desde el panel de control, en conexiones de red, elegir la opción de Ethernet y elegir la opción Protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4). Ingresar los datos del módulo lógico programable como son la dirección IP, máscara de subred y la entrada. Ver Ilustración 3-20.

En el programa LOGO! Soft Comfort V8.3, dar clic y configurar conexión Ethernet desde el programa, para ello debe estar conectado el computador y el módulo mediante cable LAN. Ver Ilustración 3-21.

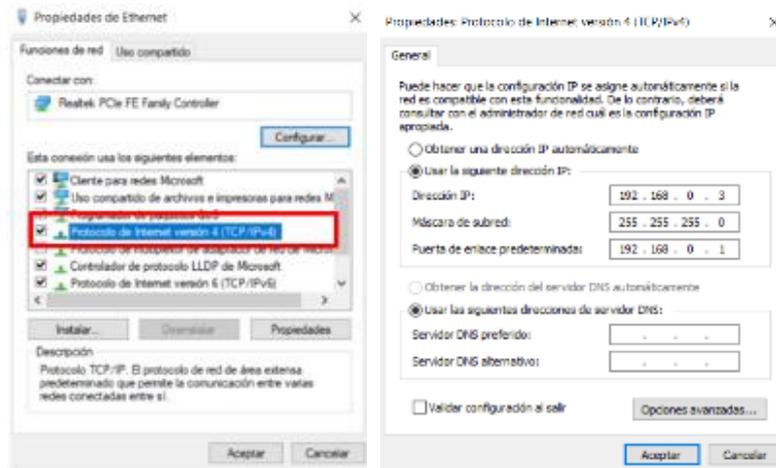


Ilustración 3-20: Configuración de Ethernet

Realizado por: Alpusig M., 2024

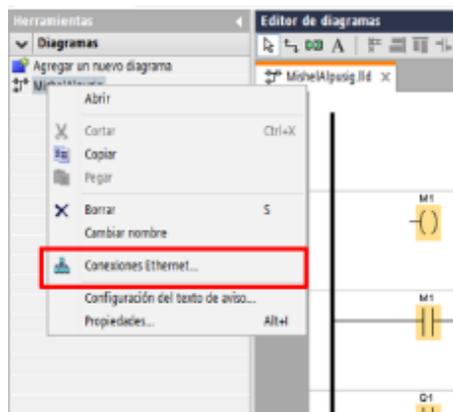


Ilustración 3-21: Comunicación Ethernet del programa al módulo lógico programable

Realizado por: Alpusig M., 2024

Al conectar la computadora al módulo lógico programable, actualizar los datos y de manera inmediata aparecen los datos del módulo, dar clic en probar datos y aceptar, esperar que se transfieran los datos y estará listo para utilizar.

3.3.3.2. Programación de la pantalla táctil INVT

Descargar el programa VT DESIGNER V2.1.11.09 de la página de descargas de INVT, es un programa de acceso gratuito y libre.

Abrir un nuevo documento, escribir un nombre de archivo, para evitar inconvenientes no cambiar

la localización del archivo y dar clic en siguiente.

Elegir el tamaño de la pantalla y la serie, en este caso la pantalla tiene un tamaño de 4,3” y es de la serie VK2043 según la ficha técnica del producto, seleccionar los datos correctos en la barra de desplazamiento de Display Size, seleccionar 4,3” y en Model seleccionar VK2043, el programa por defecto viene en inglés. Dar clic en siguiente.

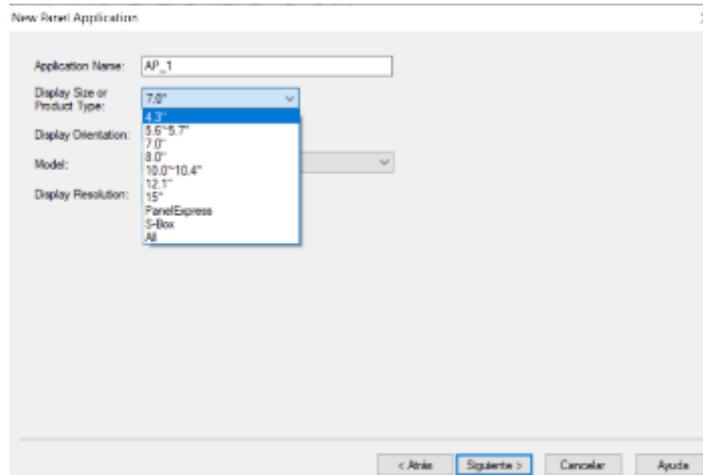


Ilustración 3-22: Selección del tamaño de la pantalla táctil y serie

Realizado por: Alpusig M., 2024.

Para que se conecte la pantalla con el módulo lógico programable mediante cable LAN primero se debe configurar la conexión Ethernet, elegir Direct Link Ethernet, elegir también la marca del módulo lógico programable con el que se va a conectar la pantalla, se selecciona de la barra de desplazamiento la marca del dispositivo SIEMENS AG y por defecto da el servidor que sería LOGO(Ethernet).

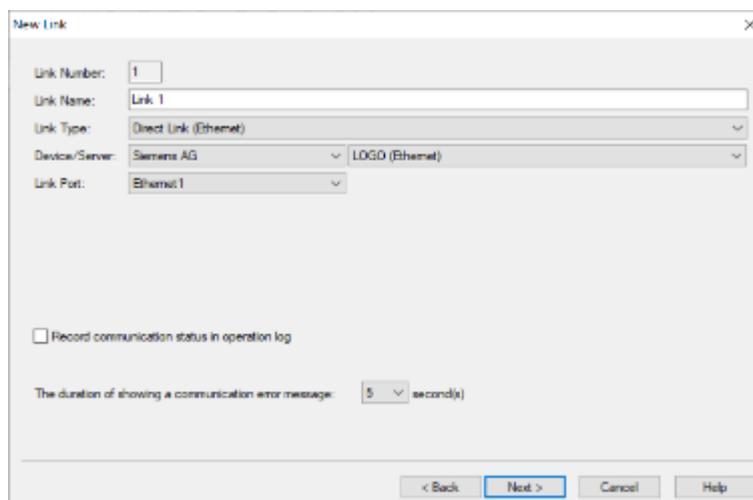


Ilustración 3-23: Configuración Ethernet en la pantalla táctil

Realizado por: Alpusig M., 2024

Dar una dirección IP a la pantalla táctil y clic en finalizar.

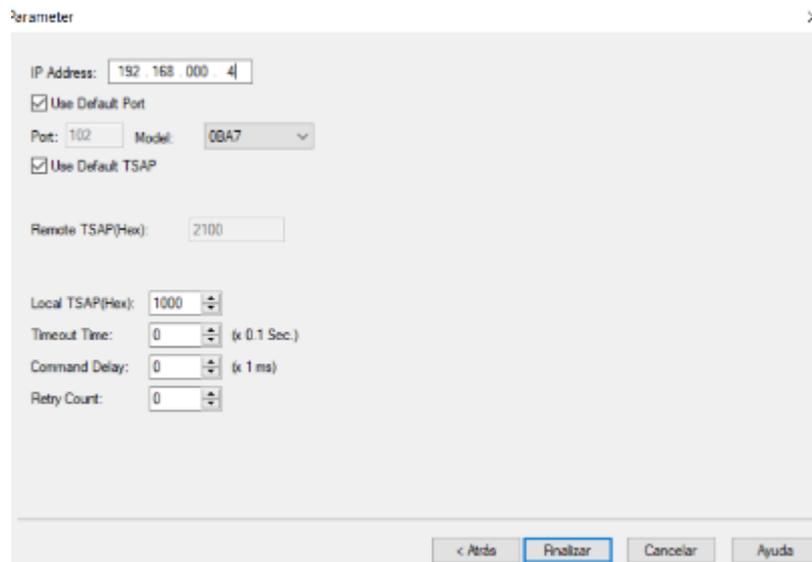


Ilustración 3-24: Ingreso de la dirección IP

Realizado por: Alpusig M., 2024

En el software de VT DESING se observó el tamaño de la pantalla táctil y el espacio que se tiene para realizar la programación.

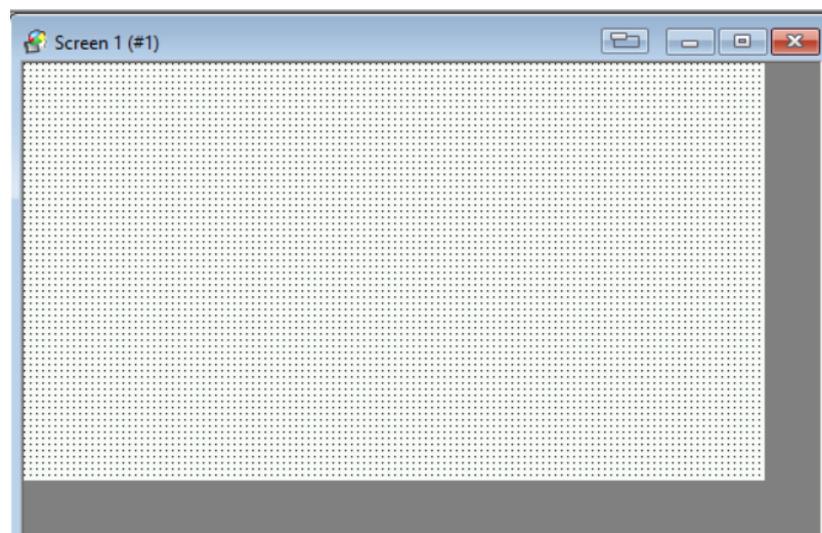


Ilustración 3-25: Pantalla táctil en software VT Designer

Realizado por: Alpusig M., 2024

Se puede colocar varias páginas en la pantalla táctil y se desplazan mediante botones, la primera página será de la presentación del proyecto técnico, constará de datos informativos. Con la opción text object, doble clic y se edita el tamaño de letra y el tipo.

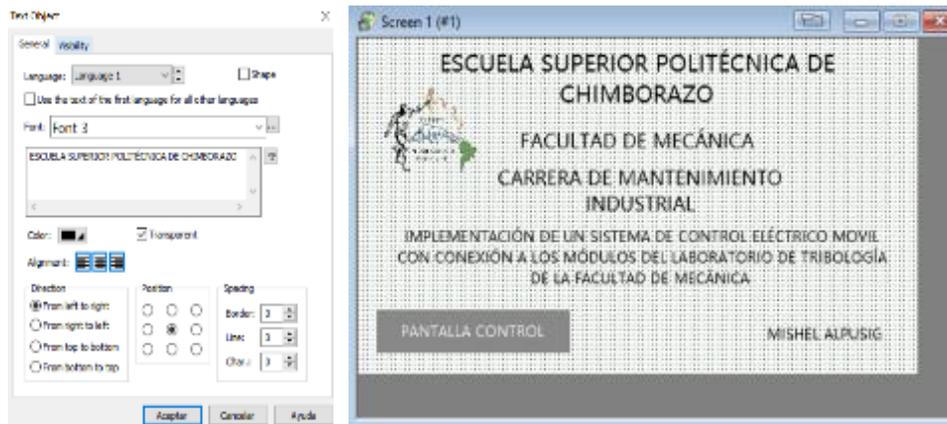


Ilustración 3-26: Ingreso de datos y configuración en la pantalla 1.

Realizado por: Alpusig M., 2024

En la pantalla 1 se configura un botón de desplazamiento a la siguiente pantalla (screen button) que lleva de nombre pantalla de control. En la pantalla dos se realiza todo el mando verificando la ilustración 3-19, se colocan en total ocho botones o pulsadores (bit button), cuatro serán de encendido (on) identificados de color verde y cuatro serán de apagado (off) identificados de color rojo, también se colocan lámparas de encendido y apagado (bit lamp).

La lámpara de encendido y apagado del sistema a 220V llevará una imagen de identificación de un motor. También se coloca un screen button para regresar a la pantalla de inicio.

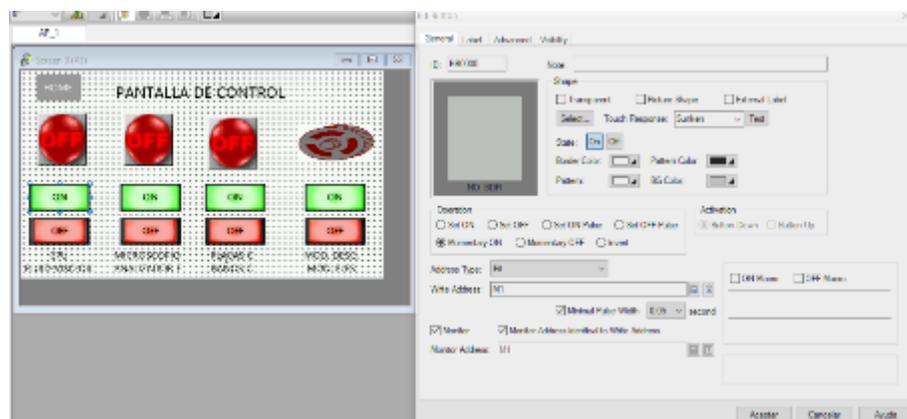


Ilustración 3-27: Configuración de botones, lámparas de encendido y apagado

Realizado por: Alpusig M., 2024

3.4. Fase de evaluación del diseño

Una vez realizado el diseño eléctrico y mecánico con ayuda de un software se realiza la construcción de todo el sistema de control eléctrico móvil y se evalúa en torno a la eficiencia, eficacia y satisfacción de uso.

3.4.1. Construcción del sistema de control eléctrico

Medición, corte e instalación de las canaletas y riel DIN en el plafón metálico.



Ilustración 3-28: Corte de canaletas y riel DIN.

Realizado por: Alpusig M., 2024

Montaje de los elementos que van en la puerta del tablero metálico como: pulsadores de marcha, pulsadores de paro, pulsador de emergencia, potenciómetro, buzzer, selectores de dos y tres posiciones, voltímetro digital, módulo lógico programable y pantalla táctil. Luego se realiza todo el cableado según los diagramas de fuerza y control de las Ilustraciones 3-17 y 3-18.



Ilustración 3-29: Montaje de elementos en la puerta

Realizado por: Alpusig M., 2024

3.4.2. Construcción de la estructura metálica

Una vez seleccionados los materiales estructurales, se observaron los planos y se realizó el proceso de fabricación de la estructura metálica. Como primer paso la medición de cada material se ubicó en el equipo de corte y se cortaron las piezas estructurales. Es importante utilizar todos los equipos de protección personal como: guantes, mandil, zapatos industriales, gafas de protección y tapones para los oídos. Ver Ilustración 3-30.



Ilustración 3-30: Medición y corte de cada pieza estructural

Realizado por: Alpusig M., 2024

Ensamblaje de la estructura metálica mediante el proceso de soldadura utilizando electrodo 6011.



Ilustración 3-31: Soldadura de la estructura metálica

Realizado por: Alpusig M., 2024

Limpeza de la estructura metálica con guía de la Norma SSPC-SP1, utilizando solvente y la Norma SSPC-SP3, utilizando herramientas manuales mecánicas de rotación para remover residuos de soldadura. Antes del proceso de pintura volver a limpiar las superficies de ser necesario, remover suciedad, polvo o cualquier tipo de contaminante.

Pintar la estructura metálica, con dos capas, la primera capa de fondo con adherencia washPremier color gris y la segunda capa con pintura sintética automotriz color negro mate, luego del recubrimiento final colocación de las maderas para las divisiones de la estructura metálica.



Ilustración 3-32: Pintura y ensamblaje de las maderas de la estructura metálica.

Realizado por: Alpusig M., 2024

3.4.3. Fase de evaluación del diseño

Al finalizar la construcción de la parte mecánica y el sistema de control eléctrico se aplica la última etapa de la metodología centrada en el usuario evaluando los siguientes puntos:

3.4.3.1. Eficiencia

Se cumplen los objetivos específicos y se utilizó la menor cantidad de recursos, distribuyendo de manera adecuada los elementos en el espacio del tablero metálico que se utilizó. El tablero metálico fue creado de acuerdo a las necesidades del usuario y tiene las siguientes medidas: 600 mm de alto, 700 mm de largo y 200 mm de profundidad.



Ilustración3-33: Lógica cableada

Realizado por: Alpusig M., 2024.

Para optimizar recursos se eligió solo utilizar voltímetros digitales en vez de lámparas pilotos de encendido y apagado. Desde el sistema de control eléctrico móvil se podrá tener mejor operación de los módulos y equipos, la energía eléctrica se distribuye de mejor manera.

3.4.3.2. *Eficacia*

El sistema funcionará de manera confiable en varias condiciones, minimizando el riesgo de fallas, para ello cuenta con un supervisor de voltaje permitiendo que todo el sistema funcione de manera correcta, caso contrario no se podrá dar marcha al sistema ni de manera manual, ni de manera automática, además tiene un relé térmico para la protección por sobrecarga térmica de los motores, se encenderá una luz piloto roja cuando exista falla y apagará el sistema.

Cada elemento cuenta con un breaker de protección, contactores y con relés auxiliares permitiendo al sistema de control eléctrico mantener condiciones óptimas de funcionamiento.

3.4.3.3. *Satisfacción de uso*

- Altura del módulo óptima para realizar las prácticas de laboratorio.
- Facilidad de movilización en el laboratorio.
- Espacio adecuado en la mesa para soportar los distintos módulos.
- Buena distribución de energía dentro del sistema de control eléctrico.



Ilustración 3-34: Sistema de control eléctrico móvil implementando en el laboratorio

Realizado por: Alpusig M., 2024.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Cables conductores seleccionados

En el sistema de control eléctrico ubicado dentro del tablero eléctrico se realiza la distribución de la energía eléctrica mediante los siguientes conductores, según la Tabla 2-3.

Tabla 4-1:Conductores del sistema de control eléctrico

Descripción	Conductor (AWG)	Corriente que soporta (A)
Control del sistema eléctrico	18	10
Fuerza del sistema eléctrico	12	20
Alimentación trifásica	6	55

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2. Funcionamiento del sistema de control eléctrico

Se realizaron las pruebas respectivas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de control eléctrico, verificando las especificaciones y requerimientos del usuario de acuerdo a los diagramas eléctricos.

4.2.1. Voltaje de entrada trifásica

Verificar el voltaje de alimentación de ingreso al módulo.



Ilustración 4-1: Voltaje de entrada para el módulo

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.2. Alimentación del sistema de control eléctrico

Una vez determinado el voltaje en el tomacorriente trifásico, se procede a conectar el tomacorriente designado como fuente de alimentación para el sistema de control eléctrico mediante el uso de un cable concéntrico 4x10.



Ilustración 4-2: Conexión del tomacorriente trifásico

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.3. Energizar el módulo

Para energizar el sistema de control eléctrico, abrir el tablero metálico y activar todos los breakers para dar inicio a las pruebas de funcionamiento.

Verificar el voltaje de cada salida destinada a los tomacorrientes que alimentarán los distintos módulos y equipos del laboratorio.



Ilustración 4-3: Verificación del módulo energizado

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.4. Identificación de los tomacorrientes del sistema de control eléctrico

El sistema de control eléctrico consta de cinco tomacorrientes instalados en el módulo.

Tabla 4-2: Voltaje de cada módulo/equipo

Equipo/Módulo	Voltímetro digital	Tomacorriente
CPU-Monitor FluidScan Series 1000 Viscosímetro digital Oil View Quick Check	Voltímetro 1 110V	1: 110 V doble 2: 110 V doble
Analizador ferrográfico Microscopio Olympus	Voltímetro 2 110V	3: 110 V doble
Baño cinemático térmico plus Placas calientes Nuova II	Voltímetro 3 110v	4: 110 V individual
Módulo de desgaste de elementos rotativos Módulo de ejes cruzados de desgaste	Voltímetro 4 220V	5: 220 V individual

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.



Ilustración 4-4: Voltaje de los tomacorrientes

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

El sistema de control eléctrico opera en dos modalidades: manual y automática. El control total del funcionamiento del sistema se realiza desde la puerta del tablero metálico. Un pulsador de tres posiciones facilita la selección entre el modo manual, la desconexión del sistema y la transición al modo automático.

4.2.5. Funcionamiento manual

Para el control manual del sistema eléctrico, se incorporan cuatro pulsadores de marcha para energizar el sistema, así como cuatro pulsadores de paro para llevar a cabo la desconexión. La visualización del estado de energización se logra mediante voltímetros digitales, indicando el

voltaje correspondiente. Cada uno de estos dispositivos cuenta con una señalización específica.



Ilustración 4-5: Funcionamiento de manera manual

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.6. Funcionamiento automático

Se enciende o apaga desde el selector de dos posiciones que se encuentra en la parte superior de la puerta del tablero metálico.



Ilustración 4-6: Funcionamiento del sistema de control eléctrico de manera automática

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

El funcionamiento automático se gestiona a través de la pantalla táctil posicionada en la parte superior de la puerta, donde se ha llevado a cabo la programación. Este sistema consta de cuatro pulsadores, dos destinados a la activación (encendido) y dos para la detención (apagado).

En la pantalla táctil se presenta una pantalla inicial que muestra de manera detallada todos los datos del sistema de control eléctrico. Además, se encuentra un botón que dirige al usuario a la

pantalla de control, facilitando la operación automatizada.



Ilustración 4-7: Indicadores de la pantalla táctil

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.7. *Funcionamiento de los tomacorrientes*

Verificar el funcionamiento de todos los tomacorrientes instalados en el sistema de control eléctrico, con un multímetro, observar el voltaje que tiene cada uno como se detallan en la tabla 4-2.



Ilustración 4-8: Funcionamiento de los tomacorrientes

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.8. *Funcionamiento del supervisor de voltaje*

Consta de un supervisor de voltaje que verifica que existan las tres fases de alimentación al sistema de control eléctrico, esto quiere decir que cuando no se detecte una línea o se retire el suministro eléctrico este dispositivo dará una señal de alarma sonora mediante un buzzer, éste se encenderá cuando se detecte este problema.

Además, se puede programar otra falla en el supervisor, se selecciona un voltaje menor al que ingresa al sistema de control eléctrico, éste también dará una alarma sonora y no permitirá que se manipule de ninguna manera el sistema de control eléctrico.

El breaker que controla esta operación es el QC4, se recomienda bajar el breaker cuando se terminen las prácticas de laboratorio ya que sin supervisión la alarma sonora se activa y no se apaga de manera automática porque está alimentado a una fuente de 24VDC y sin energía eléctrica seguirá cumpliendo su función.



Ilustración 4-9: Funcionamiento del supervisor de voltaje

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.9. *Funcionamiento del relé térmico*

Para el sistema de 220 V se instaló un relé térmico de 2,5 a 4A que protegerá a los motores del módulo de ejes cruzados de desgaste y del módulo de desgastes de elementos rotativos laboratorio de sobrecargas térmicas.

Cuando exista una sobrecarga, el sistema indicará que existe falla térmica mediante una luz piloto roja colocada en la puerta del tablero metálico al lado derecho inferior y desconectará el sistema. Se simuló esta falla y se comprueba que esta función es correcta.

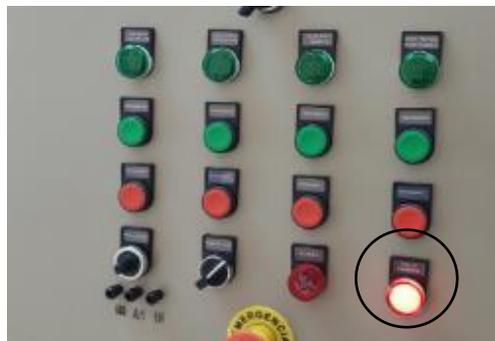


Ilustración 4-10: Falla térmica

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10. Funcionamiento de los diferentes módulos y equipos

Conectar cada módulo y equipo en los tomacorrientes señalados en el tablero eléctrico y comprobar su correcto funcionamiento

4.2.10.1. Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus

Se conectan los equipos a los tomacorrientes correspondientes, se encienden los equipos y se verifica su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-11: Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.2. Funcionamiento del baño cinemático térmico plus

Se conectan el equipo al tomacorriente correspondiente, se enciende el equipo y se verifica su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-12: Funcionamiento del analizador ferrográfico y microscopio Olympus

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.3. *Funcionamiento del CPU y monitor*

Se conectan los equipos a los tomacorrientes correspondientes, se encienden los equipos y se verifica su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-13: Funcionamiento del CPU y monitor

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.4. *Funcionamiento del fluidScan series 1000*

Se conecta el equipo al tomacorriente correspondiente y se verifica su funcionamiento.



Ilustración 4-14: Funcionamiento del fluidScan series 1000

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.5. Funcionamiento del módulo de desgaste de elementos rotativos

Este módulo funciona con un potenciómetro que se instaló en la puerta y cuenta con sus respectivas señaléticas de entradas para las conexiones, se realizaron conexiones a terminales banana hembra y macho. Se hicieron las respectivas identificaciones en las entradas de los terminales colocados en la puerta y se conectan al variador de frecuencia permitiendo manipular la frecuencia directo desde el sistema de control eléctrico.



Ilustración 4-15: Funcionamiento del módulo de elementos de desgaste rotativos

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024

4.2.10.6. Funcionamiento del módulo de ejes cruzados de desgaste

Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento con el módulo de ejes cruzados de desgaste utilizando un software instalado en la computadora asignada para tal fin. La conexión al tomacorriente de 220 V fue establecida. Se encendió la computadora, CPU y se conectaron los cables USB del módulo al CPU. Accediendo al sistema, se introducen los datos necesarios y se inicia la operación desde el sistema de control eléctrico implementado, con el objetivo de verificar su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-16: Funcionamiento del módulo de ejes cruzados de desgaste

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.7. *Funcionamiento del analizador rápido de aceites*

Se conectó el equipo junto a la computadora y CPU para la toma de datos, se observa su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-17: Funcionamiento analizador rápido de aceites

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.8. *Funcionamiento del equipo placas calientes Nuova II*

Se conecta el equipo al tomacorriente correspondiente, se enciende y se verifica su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-18: Funcionamiento del equipo Placas calientes Nuova II

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.10.9. *Funcionamiento del viscosímetro digital rotacional*

Se conecta el equipo al tomacorriente correspondiente, se enciende y se verifica su correcto funcionamiento.



Ilustración 4-19: Funcionamiento del Viscosímetro digital rotacional

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.2.11. *Funcionamiento del paro de emergencia*

Si existe algún inconveniente se pulsa el botón de emergencia y se apaga todo el sistema, teniendo en cuenta las normas de seguridad eléctrica.

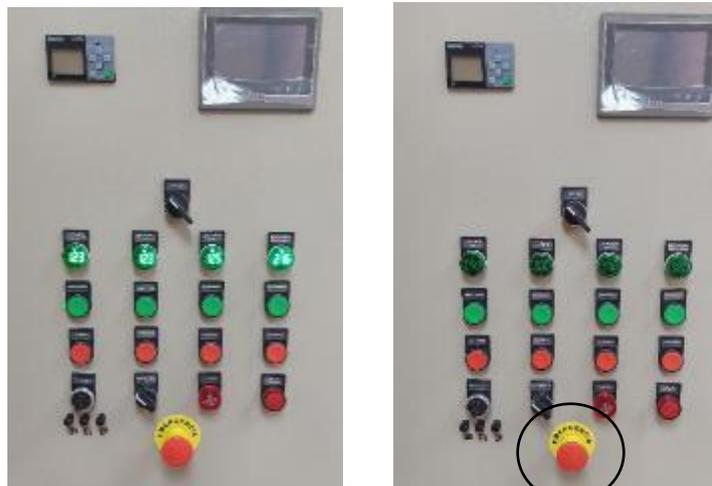


Ilustración 4-20: Funcionamiento del paro de emergencia

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

4.3. Costos

4.3.1. Determinación de costos

Tabla 4-3: Recursos económicos.

Tipo de costo	Materiales	Cantidad (UND)	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Costos indirectos	Costos de ingeniería	1	150,00	150,00
Costos directos	Tablero metálico de 1/16" de espesor. 70X50X45cm	1	150,00	150,00
	Estructura metálica	1	165,00	165,00
	Garruchas metálicas de 3"	4	6,09	24,36
	Materiales y componentes requeridos para la conexión del tablero eléctrico	1	250,00	250,00
	Módulo lógico programable	1	251,00	251,00
	Pantalla táctil	1	280,00	280,00
	Fuente de poder de voltaje	1	31,00	31,00
	Supervisor de voltaje	1	15,50	15,50
	Total			
Costo total (USD)				1316,86

Realizado por: Alpusig Mishel, 2024.

CAPÍTULO V

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se realizó el estudio de carga de cada módulo del Laboratorio de Tribología, esto permitió seleccionar los elementos de maniobra, protección y alimentación, los cuales se desarrollaron en el Capítulo III.

Se diseñaron los planos mecánicos y eléctricos según las necesidades del usuario, para los planos mecánicos se seleccionaron diferentes materiales estructurales que se observan en el ANEXO A y para los planos eléctricos se realizaron los diagramas de fuerza y control que se encuentran en el ANEXO B.

Se configuró el sistema de control eléctrico para que funcione en dos modalidades: manual mediante pulsadores de marcha y paro, modalidad automática mediante un módulo lógico programable con una pantalla táctil se observan en el Capítulo III.

Se realizaron pruebas de funcionamiento en el sistema de control eléctrico móvil para verificar el funcionamiento manual como automático de las conexiones a 110V y 220V de todos los módulos y equipos del Laboratorio de Tribología se observan en el capítulo IV.

Se elaboró un manual de operación y plan de mantenimiento preventivo donde identifican las operaciones a realizar y se indican todas las tareas de mantenimiento para alargar la vida útil del sistema de control eléctrico móvil, los cuáles se describen en el ANEXO C y ANEXO D.

5.2. Recomendaciones

Leer atentamente las instrucciones del diagrama de procesos del sistema de control eléctrico para entender las operaciones a realizar antes del encendido del sistema.

Conectar los módulos y equipos en los tomacorrientes que se indican ya que cada uno tiene evaluado las corrientes que soporta.

Abrir el tablero metálico al finalizar las prácticas y desconectar el breaker QC4, ya que si se queda sin energía eléctrica se activará el buzzer por el supervisor de voltaje. Éste solo se desactiva de manera manual.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACÁN CARPINTERO, Jessica Ximena & PAUCAR IZA, Bryan Israel.** Repotenciación y puesta en funcionamiento del sistema de control domótico para las instalaciones del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 17-19. [Consulta: 2023-12-11]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18838>
2. **AGUIRRE HERRERA, Juan Enrique & HIDALGO VITERÍ, Javier Eduardo.** Diseño y construcción de un equipo motorreductor aplicando la metodología QFD para la industria nacional. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 7-35. [Consulta: 2023-12-11]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17795>
3. **ALARCÓN MONTEZA, Denis Dilthey.** Implementación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real para el análisis predictivo de un sistema eléctrico de potencia con generación distribuida. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Ingeniería y Tecnología. Lima-Perú. 2021. pág. 22. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12815/251> .
4. **ARCERNNR.** *Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica.* Ecuador. 2023. [Consulta: 14 de diciembre del 2023]. La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Disponible en: <https://shre.ink/r20D>
5. **AYALA MEJÍA, Johanna María.** Aplicación de la arquitectura orientada a servicios en el diseño de un sistema domótico, para la empresa DINELEC automatización & control. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica de Litoral. Guayaquil-Ecuador. 2020. pág. 43. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/50401>
6. **BAZANTES MOYOTA, René Bladimir & RAMOS ÁGUILAR, Santiago Xavier.** Diseño y construcción de un módulo de integridad superficial para la Facultad de Mecánica. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2023. pág. 27. [Consulta: 2023-12-11]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18985>

7. **BRAVO SALVATIERRA, Stteven Vicente & CEPEDA USCHA, Jaime Rubén.** Diseño e implementación de transferencia de energía eléctrica para una planta industrial empleando el módulo de transferencias ubicado en el laboratorio de instalaciones industriales. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Guayaquil-Ecuador. págs. 47-48. [Consulta: 2023-12-12]. 2021. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21300>
8. **BURBANO VÁSQUEZ, José Luis.** Implementación de un tablero de control para monitoreo y seguridad de las Aulas de la ESFOT (Tablero 4). [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador. 2021. pág.27. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21159>
9. **CAMASCA MILLÁN, Emerson.** Influencia del tablero eléctrico “Grounding Check” en la protección del equipo de bombeo en la Minera Alpamarca Volcan, 2022. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Continental. Huancayo-Perú. 2022. pág. 33. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11555>
10. **CETTI.** *Relé auxiliar. Cetti Materiales eléctricos.* [blog]. [Consulta: 14 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://www.cetti.com.br/rele-auxiliar-schneider-24vcc-12a-2na-nf-rxm2ab2bd?search=rel%C3%A9%20auxiliar>
11. **CUYO BUÑAY, Stalin Rodrigo.** Diseño de un sistema de distribución y control de energía eléctrica para el centro de perfeccionamiento para el manejo de refrigerantes naturales: diseño de acometida. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador. 2023. pág. 21. [Consulta: 2023-12-14]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23809>
12. **DIPAC.** *Catálogo de productos DIPAC.* [en línea]. 2023. [Consulta: 15 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://shre.ink/rcTP>
13. **FARINA, Alberto.** “Tableros eléctricos”. *Revista Ingeniería eléctrica.* [en línea]. 2019. [Consulta: 15 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://shre.ink/rcbf>

14. **FIGUEROA, Karina & RIVERA LOAIZA, Cuauhtémoc.** Learning systems based on gamification and artificial intelligence. *Avances en Interacción Humano-Computadora*. [En línea]. 2023. [Consulta: 15 de diciembre del 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.47756/aihc.y8i1>
15. **GILER SARMIENTO, José Antonio & SANDOYA SÁNCHEZ, Fernando Francisco.** Análisis sobre un modelo matemático aplicado al reparto óptimo de carga eléctrica. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*. [En línea]. 2022. (Ecuador). vol. 6 Núm. 11. ISSN 2697-3456. pág. 48. [Consulta: 15 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/yc.v6i11edesep.0222>
16. **HEREDIA BORJA, Mario Martín.** Estándar de seguridad eléctrica en una fábrica de harina y aceite de pescado. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2021. pág. 11. [Consulta: 2023-12-15]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52395>
17. **HO, Tommy; et al.** Prototipo para cuidado de pacientes con demencia basado en diseño centrado en el usuario: una colaboración multicultural. *Revista académica UTP*. [En línea]. 2022. (Panamá). pág. 1. [Consulta: 16 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3673>
18. **HUERTAS ROSERO, Bryan Paúl.** Análisis técnico-económico de un sistema de generación híbrido para la alimentación del alumbrado público de la Universidad Técnica del Norte. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2022. págs. 13-14. [Consulta: 2023-12-15]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12384>
19. **IEC 60204-1, 2021.** *Seguridad de las máquinas: Equipo eléctrico de las máquinas*.
20. **IMPORTGP.** *Supervisor de voltaje*. [En línea]. 2023. [Consulta: 15 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://importgp.com/supervisor-2/>
21. **JIMÉNES, Andrey; et al.** Auditoría energética en sistema eléctrico del bloque 2 de la Institución Universitaria Pascual Bravo con enfoque a la normativa ISO 50001. [En línea]. (Trabajo de titulación). Institución Universitaria Pascual Bravo. Medellín-

- Colombia. 2023. pág. 21. [Consulta: 2023-12-15]. Disponible en: <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2312>
22. **LAGOS GALINDO, Heyller Jafeth & MENDOZA REYES, Lisandro Andrés.** Diseño de un simulador de pruebas de calidad en cables THHN/THWN-2. [En línea]. (Trabajo de titulación) Universidad Tecnológica Centroamericana. Tegucigalpa. 2020. pág. 14. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/9771>
23. **LOMBEIDA VÁSQUEZ, Joselyn Nathaly & SAMANIEGO REYES, Jorge Joshue.** Desarrollo de un tablero demostrativo para el Control de Sistemas de aireadores y alimentadores supervisados y monitoreados mediante radiofrecuencia por medio de Sistema Scada. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2022. pág.12. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22834>
24. **MARTÍNEZ GÓMEZ, Julio César.** Diseño e implementación de tableros eléctricos de control del proceso de abastecimiento de agua para consumo de las instalaciones para una empresa fabricante de equipos de refrigeración. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica del Perú. Lima-Perú. 2021. pág. 23. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4819>
25. **MATABAJOS SALAS, Tania Fernanda.** Modelo estimador del pronóstico de demanda eléctrica a partir de datos históricos obtenidos de medidores inteligentes. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia. 2022. pág. 6. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80843/1032455974.2022.pdf?sequence=1>
26. **MEJÍA ZURITA, José Alejandro; et al.** “*Mantenimiento en los tableros eléctricos de distribución. IBERO-AMERICAN JOURNAL OF ENGINEERING & TECHNOLOGY STUDIES*, vol. 3, 2023. pág. 1. [Consulta: 16 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.612>
27. **MEJÍA OCHOA, David Israel & RUIZ TIZÓN, Dustin Steven.** Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control en la línea de extrusión de la

- empresa Vulcano Plástico. 2020. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2022. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24153>
28. **MEZA LÓPEZ, Chayane Oscar.** Diseño eléctrico de baja tensión para el área de formulación láctea en la empresa Ate-Vitarte, 2020. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica del Perú. Lima-Perú. 2022. pág. 9. [Consulta: 2023-12-16]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6188>
29. **MORALES MERCADO, Daniel Felipe; et al.** Diseño de la conexión eléctrica de un sistema fotovoltaico para autoconsumo en implementación de movilidad sostenible en ESPOL. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica de Litoral. Guayaquil-Ecuador. 2021. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56826>
30. **MOYOTA, René Bladimir & RAMOS ÁGUILAR, Santiago Xavier.** Diseño y construcción de un módulo de integridad superficial para la Facultad de Mecánica. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2023. pág. 10. [Consulta: 2023-12-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18985>
31. **NOVATRONIC.** *Voltímetro digital.* [blog]. 2023. [Consulta: 17 de diciembre del 2023]. Disponible en: [Voltímetro Digital LED 0.56" 2 Cables – Novatronic \(novatronicec.com\)](http://novatronicec.com)
32. **ODAR PACHERREZ, David & PALACIOS BRIONES, Paúl Adán.** Implementación de protecciones en redes secundarias para el campo de simulación en baja tensión en la Universidad César Vallejo. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad César Vallejo. Chiclayo-México. 2019. pág. 18. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28607>
33. **OJEDA GUADALUPE, Magaly Elizabeth & OLMEDO ROMERO, Hernán Ricardo.** Diseño e implementación de un tablero de control para el Rotor Kit del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. pág. 8. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15996>

34. **OÑATE GONZÁLEZ, Danny Gabriel.** Propuestas de eficiencia energética para la Empresa Láctea «El Ranchito» Cía. Ltda. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2022. pág. 5. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23344>
35. **PÉREZ VILLAREAL, Luis Diego; et al.** “*Propuesta de desarrollo de un equivalente inercial del Sistema Eléctrico Centroamericano para utilizarlo en simulaciones dinámicas*”, vol. 5, 2022. [Consulta: 16 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.47633/arje.v5i2.539>
36. **QUEVEDO FLORES, Luis Alfredo.** Diseño de instalaciones eléctricas y criterios de eficiencia energética para un edificio multifamiliar de 20 pisos en el distrito de Lince. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú. 2023. pág. 52. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/20071>
37. **RESTREPO ARREDONDO, Mateo.** Estudio operación del sistema de protección eléctrica para instructivo operativo ante la actuación de funciones de protección eléctrica para una central de 26MW. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Antioquia. Antioquia-Colombia. 2023. pág. 20. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33227>
38. **SCHEIDER ELECTRIC.** *Relé térmico.* [Consulta: 18 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://shre.ink/r20k>
39. **SIEMENS.** *Catálogo de baja tensión, control y distribución.* 2020. [Consulta: 18 de diciembre
40. del 2023]. Disponible en: <https://shre.ink/r20a>
41. **STRONGER ELECTRIC.** *Portabarra.* [Consulta: 18 de diciembre del 2023]. Disponible en: [Portabarras|StrongerElectric](https://shre.ink/r20a)
42. **SUMELEC.** *Cobres Colombia.* 2024. [Consulta: 18 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://shre.ink/rcT6>

43. **TENEMPAGUAY CABADIANA, Anthony Enrique.** Diseño eléctrico para un sistema de producción de gel antibacterial. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2022. pág. 9. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22505>
44. **UNE-EN14056, 2004.** *Mobiliario de laboratorio. Recomendaciones para el diseño e instalación.*
45. **VARGAS BELLIDO, Oscar.** Diseño de un objeto que mejore la experiencia a la hora de jugar juegos de mesa. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Cataluña. 2022. pág. 53. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/375900>
46. **YEBRA MORÓN, Juan Antonio.** *Sistemas eléctricos de distribución.* [en línea]. 2021. pág. 2. [Consulta: 20 septiembre 2009]. Disponible en: [Sistemas eléctricos de distribución - Juan Antonio Yebra Morón - Google Books](#)
47. **YUCRA PAREDES, Víctor Reynaldo.** Diseño del sistema eléctrico proyectos nuevos espesadores compañía minera. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Toquepala. 2023. págs. 25-26. [Consulta: 2023-12-17]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19329>