

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE Y CABLEADO DE LAS MESAS DE TRABAJO DEL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL AULA 33

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

GUAMÁN YAJAMÍN DIANA PATRICIA

diana.guaman@epn.edu.ec

RODRÍGUEZ CAYO MARLON REYNALDO

marlon.rodriguez@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO, MSC.

abraham.loja@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, julio 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Diana Patricia Guamán Yajamín y Marlon Reynaldo Rodríguez Cayo, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



Ing. Abraham Ismael Loja Romero,
Msc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera,
Msc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Diana Patricia Guamán Yajamín con CI: 171785223-8 y Marlon Reynaldo Rodríguez Cayo con CI: 150074843-7 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

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



Diana Patricia Guamán Yajamín

CI: 171785223-8

Teléfono: 0986659920

Correo: diana.guaman@epn.edu.ec



Marlon Reynaldo Rodríguez Cayo

CI: 150074843-7

Teléfono: 0985529063

Correo: marlon.rodriguez@epn.edu.ec

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios.

A mis padres que jamás dejaron de confiar en mí y siempre estuvieron dándome su apoyo incondicional, gracias a ellos he logrado convertirme en lo que ahora soy. Para mí es un orgullo y un privilegio ser su hija.

A mi hermano por ser mi compañero, por sus palabras de aliento y su apoyo en todo momento en el cual he necesitado de él.

A mi hija por ser el motor de mi vida ser esas fuerzas cuando ya no las hay.

Diana Patricia Guamán Yajamín

AGRADECIMIENTO

Sin lugar a duda a mis padres Vicente y Anita por siempre ser mi apoyo incondicional, definitivamente jamás dejaron de confiar en mí, aun cuando yo misma ya no lo hacía, gracias por jamás soltar mi mano, por su dedicación, sus consejos, su tiempo y su amor incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

A mi hija Marthina por ser el motor de mi vida por quien lucho día a día, para cumplir cada una de mis metas.

A mi abuelita Mercedes que está en el cielo sé, que siempre cuidas y guías mi camino, se cuánto soñaste por ver a tu nieta convertida en una profesional gracias infinitas por todo.

A cada uno de mis compañeros que fueron parte de mi vida universitaria son los mejores.

Al Ing. Abraham Loja por ser más que un tutor y enseñarnos que se puede educar con amistad, ha sido un apoyo en todo el proceso de nuestro proyecto por su paciencia en la realización de este proyecto.

Diana Patricia Guamán Yajamín

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y fuerza para lograr mis metas y objetivos.

Dedico el presente trabajo a mi familia en especial a mi Madre Blanca Cayo que con su ejemplo de esfuerzo y trabajo ha sido siempre el pilar más importante para completar mi formación profesional, a mis hermanas Iskra y Saskya y a mi pequeño hijo Jhair que pensando en ustedes logro sacar fuerzas para seguir adelante y cumplir mi objetivo; como dijo mi madre la mejor herencia que se puede dar a un hijo es el estudio gracias por estar siempre ahí apoyándome en mis proyectos y mil gracias a ustedes mi familia que por ustedes he logrado mis metas y no me he dado por vencido hasta cumplirlas.

Y como no dedicarles este trabajo a mis queridos abuelitos Reynaldo y Mercedes, ustedes fueron el más grande ejemplo de que con trabajo y dedicación se puede conseguir cualquier objetivo, mil gracias a ustedes.

Marlon Reynaldo Rodríguez Cayo

AGRADECIMIENTO

A mi querida familia Blanca, Iskra, Saskya y Jhair por sus palabras de aliento y siempre estar ahí en las buenas y malas apoyándome para alcanzar mis objetivos propuestos.

A mi querida madre que con su esfuerzo y apoyo fue un pilar tan fundamental para alcanzar mi meta de ser un Tecnólogo en Electromecánica.

A los Ingenieros de la ESFOT, gracias a su paciencia sus enseñanzas me han ayudado para alcanzar esta meta tan importante en mi vida profesional.

Un Agradecimiento especial al Ing. Abraham Loja que a más de ser nuestro tutor de tesis fue un apoyo y un gran amigo para guiarnos en este proyecto y brindarnos la confianza para solventar y lograr culminar nuestra tesis.

Marlon Reynaldo Rodríguez Cayo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
2	Metodología.....	3
2.1	Descripción de la metodología usada.....	3
3	Resultados y Discusión.....	6
3.1	Requerimientos del sistema.....	6
3.2	Plano P&ID del sistema de extracción de aire y cableado.....	17
3.3	Sistema de extracción de aire y cableado en las mesas.....	19
	Montaje de cableado de mesas de trabajo.....	31
3.4	Pruebas y Análisis de Resultados.....	40
	Prueba de continuidad.....	40
	Prueba de caída de tensión en mesas.....	42
	Prueba al sistema de extracción y ventilación de aire.....	48
3.5	Manual de Uso y Mantenimiento.....	49
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	50
4.1	Conclusiones.....	50
4.2	Recomendaciones.....	51
5	REFERENCIAS Bibliográficas.....	52
	ANEXOS.....	53
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	ii
	Anexo 2: Diseño del cableado del sistema de extracción de aire.....	iv
	Anexo 3: Diseño del cableado a las mesas y toma corrientes auxiliares.....	vi
	Anexo 4: Diagrama de control para el sistema de extracción de aire.....	viii
	Anexo 5: Diagrama de control para tomacorrientes auxiliares.....	x
	Anexo 6: Diagrama de control para cableado de las mesas.....	xi
	Anexo 7: Diagrama de fuerza para cableado de las mesas.....	xiiiv

Anexo 8: Diagrama p&id del sistema implementado.....	xvi
Anexo 9: Diagrama unifilar	xviii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Diagrama eléctrico inicial del laboratorio aula 33.....	7
Figura 3.2 Diagrama eléctrico para sistema de extracción de aire y cableado de mesas.	8
Figura 3.3 Diseño del sistema de extracción de aire.....	9
Figura 3.4 Manguera de polietileno negra	14
Figura 3.5 Canaletas de PVC blancas	15
Figura 3.6 Canaleta de piso	16
Figura 3.7 Fijación del sistema de cableado a la estructura metálica del edificio	16
Figura 3.8 Diagrama P&ID del sistema de extracción de aire y cableado de mesas. .	17
Figura 3.9 Equipo seleccionado	20
Figura 3.10 Diseño de infraestructura para ventilador.....	21
Figura 3.11 Área seleccionada para montaje del sistema de extracción	22
Figura 3.12 Soporte del sistema de extracción de aire	22
Figura 3.13 Cubierta de protección del equipo	23
Figura 3.14 Campana de extracción de aire	23
Figura 3.15 Estructura desmontable del sistema de extracción de aire	24
Figura 3.16 Instalación de aislante sicabón	24
Figura 3.17 Instalación del equipo.	25
Figura 3.18 Campana del extractor.....	26
Figura 3.19 Ductos de aluminio de 5 pulgadas.....	26
Figura 3.20 Instalación de rejillas	27
Figura 3.21 Montaje del sistema de extracción de aire	28
Figura 3.22 Termomagnético para ventilación.....	28
Figura 3.23 Etiquetado del cableado	29
Figura 3.24 Alimentación al sistema de extracción de aire.	30
Figura 3.25 Módulo selector para control del sistema de extracción	30
Figura 3.26 Operación del sistema de extracción de aire.	31
Figura 3.27 Canaletas de distribución mesas (4,5,6)	34
Figura 3.28 Canaletas de distribución mesas (1,2,3)	34
Figura 3.29 Distribución de cables por el techo.....	35
Figura 3.30 Acometida de cables en el tablero de distribución.	35
Figura 3.31 Conexión y etiquetado del cableado de las mesas de trabajo.....	36
Figura 3.32 Conexión de los módulos eléctricos en mesas de trabajo	37
Figura 3.33 Acometida interruptor termomagnético	37

Figura 3.34 Tomacorriente de 110 (V _{AC}).....	38
Figura 3.35 Tomacorrientes de 110 (V _{AC}) y 220 (V _{AC})	38
Figura 3.36 Activación de todos los módulos eléctricos	39
Figura 3.37 Conexión para prueba de continuidad.....	40
Figura 3.38 Selector de 3 posiciones.....	41
Figura 3.39 Medición de voltaje en el tablero.	42
Figura 3.40 QR manual de usuario y manual de mantenimiento	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Cargas máximas de módulos eléctricos. (Andrade, 2021)	10
Tabla 3.2 Características de los conductores implementados.	10
Tabla 3.3 Selección de conductores a tierra.	11
Tabla 3.4 Renovaciones/hora DIN1946.	12
Tabla 3.5 Normativa ISA S5.1 para diagramas P&ID	18
Tabla 3.6 Características del ventilador.	20
Tabla 3.7 Especificaciones técnicas de los conductores del calibre 10 AWG,12AWG,14AWG,16AWG	31
Tabla 3.8 Código de colores para cables según su utilización	33
Tabla 3.9 Conductores instalados por mesa.....	33
Tabla 3.10 Conductores instalados en tomacorrientes de 110 y 220 (V _{AC})	34
Tabla 3.11 Resultados de prueba de continuidad.....	41
Tabla 3.13 Valores obtenidos en la acometida en vacío.	43
Tabla 3.14 Valores obtenidos en los tomacorrientes en vacío.	43
Tabla 3.15 Valores obtenidos en la acometida con carga	44
Tabla 3.16 Valores obtenidos en los tomacorrientes con carga.....	45
Tabla 3.17 Caída de tensión en circuitos de laboratorio red monofásica 1Ø.....	47
Tabla 3.18 Caída de tensión en circuitos de laboratorio red trifásica 3Ø.....	47
Tabla 3.19 Prueba de funcionamiento sistema de extracción	48

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la implementación de un sistema de extracción de aire y el cableado de las mesas de trabajo para el nuevo laboratorio de Instalaciones Eléctricas del aula 33. El propósito del proyecto fue mejorar el ambiente de trabajo, tratando de reducir y eliminar los gases producidos por efecto de soldadura realizada dentro del laboratorio de instalaciones eléctricas; el montaje del cableado de las mesas de trabajo se realizó con el objetivo de que estos conductores no afecten a la libre circulación de los estudiantes y profesores que hacen uso de las instalaciones; así como también que éste cableado sea el adecuado para evitar y reducir posibles caídas de tensión en el laboratorio.

La sección uno presenta la introducción del proyecto, el contexto del problema, la ubicación del proyecto, tiempo de funcionamiento, algunos fundamentos utilizados y los objetivos que se establecieron para la realización y montaje del sistema.

En la sección dos se describe la metodología utilizada para ejecutar el proyecto. A continuación, en la sección tres se muestran los resultados y la discusión, se presenta el estudio de las condiciones iniciales, así como las condiciones en las cuales queda el nuevo laboratorio, se adjuntan los parámetros que se establecieron para el diseño del proyecto, además, se desarrolla el manual de mantenimiento especificando las acciones que se deben tomar en cuenta para alargar la vida útil de las instalaciones.

En la sección cuatro se describen las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos, problemas encontrados y nuevos conocimientos adquiridos en el transcurso de la ejecución del proyecto.

PALABRAS CLAVE: corriente, voltaje, ventilación, gases, cableado

ABSTRACT

This project consists of the implementation of an air extraction system and the cabling of the work tables for the new Electrical Installations laboratory in classroom 33. The purpose of the project was to improve the work environment, trying to reduce and eliminate gases produced by the effect of welding carried out within the electrical installation's laboratory; the cabling of the work tables was assembled with the aim that these conductors do not affect the free movement of students and teachers who use the facilities; as well as that this wiring is adequate to avoid and reduce possible voltage drops in the laboratory.

Section one presents the introduction of the project, the context of the problem, the location of the project, operating time, some of the fundamentals used and the objectives that were established for the realization and assembly of the system.

Section two describes the methodology used to execute the project. Next, in section three the results and the discussion are shown, the study of the initial conditions is presented, as well as the conditions in which the new laboratory remains, the parameters that were established for the project design are attached, in addition, the maintenance manual is developed specifying the actions that must be considered to extend the useful life of the facilities.

Section four describes the conclusions and recommendations based on the results obtained, problems encountered and new knowledge acquired during the execution of the project.

KEYWORDS: current, voltage, ventilation, gases, wiring

1 INTRODUCCIÓN

En vista del avance Tecnológico que se va desarrollando año con año en la Escuela Politécnica Nacional y específicamente para este caso en la Escuela de Formación de Tecnólogos, se vio la necesidad de la implementación de un nuevo laboratorio de Instalaciones Eléctricas el cual brinde instalaciones adecuadas y garantice seguridad para realizar las prácticas acordes a los requerimientos actuales.

La instalación del cableado para la alimentación eléctrica de las mesas de trabajo tanto para los módulos eléctricos como para los tomacorrientes auxiliares para los módulos electroneumáticos garantiza un óptimo desempeño, reduciendo al mínimo las caídas de tensión para lo cual la selección y la distribución de cableado se realizó tomando en consideración la información de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para instalaciones eléctricas; las mismas que permiten a los usuarios en este caso estudiantes y profesores aprovechar al máximo las prestaciones que ofrece el nuevo laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la ESFOT.

La información obtenida de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para instalaciones eléctricas brinda directrices para la determinación y selección de accesorios y componentes adecuados de acuerdo con los requerimientos de la instalación eléctrica a realizarse.

En la actualidad en las instalaciones de la ESFOT ningún laboratorio cuenta con un sistema de extracción de aire, la instalación de este permite eliminar la acumulación de partículas gaseosas producto de soldadura o algún proceso químico que se produzca dentro de las instalaciones en el laboratorio, además el sistema puede realizar el proceso de ventilación, de ser el caso los usuarios pueden seleccionar el proceso de extracción o de ventilación de aire para de esta manera mejorar el ambiente de trabajo para los usuarios.

El presente proyecto se lo realizó en las instalaciones de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional (ESFOT) en el laboratorio de Instalaciones Eléctricas del aula 33.

En el Anexo 1 se adjunta el certificado de funcionamiento el cual avala el correcto funcionamiento del sistema de extracción de aire y del cableado de las mesas de trabajo, las pruebas de funcionamiento fueron revisadas y realizadas acorde a los requerimientos del proyecto.

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de extracción de aire y cableado de las mesas de trabajo del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas del aula 33.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos del sistema.
- Diseñar el plano P&ID del sistema de extracción de aire y el cableado.
- Instalar el sistema de extracción de aire y cableado en las mesas.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema de extracción de aire y del cableado.
- Realizar el manual de mantenimiento.

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Este proyecto se lo realizó mediante un análisis eléctrico y sistemas de ventilación tanto para la selección de conductores como para la selección del extractor de aire; para el primer caso se realizó un estudio en base a las cargas eléctricas que soportarían los conductores y a la longitud que existe desde el tablero de distribución hacia cada mesa, además, se tomó en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para la selección del calibre del conductor y se estableció mediante cálculos en base a las cargas máximas que se manejaría dentro del laboratorio.

Para el segundo caso se tomó en consideración las dimensiones del área de trabajo, número de ventanas, puertas, el tipo de área en este caso aula, potencia del extractor, capacidad de extracción y la ubicación que tiene el extractor. En base a cálculos y parámetros de ventilación y aire acondicionado se determinó la mejor opción en cuanto a características técnicas y precio para la selección del extractor.

Se determinaron las medidas, el calibre, la ubicación para el cableado de las mesas de trabajo, además de una serie de elementos y materiales de protección para aislar y evitar posibles accidentes.

Se definió en base a cálculos y parámetros de ventilación y extracción el equipo adecuado para la extracción de aire (extractor, ductos, abrazaderas, rejillas), los mismos que en función de las dimensiones e infraestructura del aula fue necesario adecuar un sistema de soporte para el montaje del sistema.

Se tomaron en cuenta las normas de la construcción, las mismas que ofrecen información necesaria especialmente en aspectos de diseño, cálculo y selección de equipos y materiales que son indispensables para que un proyecto garantice seguridad tanto al personal que realiza la implementación como la garantía de que el sistema funcione correctamente.

En base al estudio y verificación del área en donde se desarrolló el proyecto y al tener las medidas reales del área de trabajo se diseñó mediante software el diagrama P&ID del sistema de extracción de aire y del cableado de las mesas de trabajo el mismo que con base en la norma ISA S5.1. Este diagrama brinda información rápida y concisa de la ubicación y una referencia en base a normativas técnicas de cada elemento o equipo instalado.

La instalación del sistema de extracción de aire se realizó en base a la infraestructura que proporciona el laboratorio y desde ese punto en base a los requerimientos que se necesita para el diseño de un sistema de extracción y/o ventilación como son: los datos del área, la ubicación del equipo de extracción de aire, el tipo de lugar a trabajar, planos esquemáticos, diagramas de conexión, etc.

Se desarrollaron planos para el diseño de infraestructura que brinda soporte para el equipo y se diseñó un diagrama eléctrico para la alimentación hacia el equipo de extracción, se tomaron parámetros de seguridad para lo cual fue indispensable que la infraestructura garantice la seguridad al personal y no afecte el ambiente de trabajo.

Para el cableado de las mesas de trabajo se determinó el calibre del cable mediante cálculos en base a las cargas máximas que se manejarán dentro del laboratorio, se sobrestimaron los valores de calibre del conductor para reducir las caídas de tensión al mínimo, se diseñó el plano de distribución del cableado hacia todas las mesas tomando en consideración las normas de construcción para proyectos eléctricos con el fin de precautelar la seguridad del personal y de la infraestructura; se distribuyeron los cables mediante canaletas, las mismas que garantizan mayor seguridad y mejoran el aspecto estético del proyecto. Se establecieron mediante código de colores las fases de los conductores para cumplir con la normativa de construcción eléctrica.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento tanto para el sistema de extracción de aire como para el cableado de las mesas de trabajo, para el primer caso se comprobó que el sistema tenga la capacidad de extraer aire del aula, para lo cual se generó gases mediante la soldadura con Cautín y se pudo verificar que el sistema tiene la capacidad de extraer residuos gaseosos y además se realizó un proceso de ventilación de aire, comprobando que el sistema tenga la capacidad de extraer o ventilar el área según se requiera en ese momento.

Para el cableado de las mesas de trabajo se realizaron las pruebas eléctricas con la ayuda de instrumentos de medida (multímetro) y cables externos, para verificar voltaje y corriente, precautelando que las caídas de voltajes estén dentro de los márgenes de tolerancia y mediante la prueba de continuidad comprobar que los conductores estén en buenas condiciones, se tomaron datos a la entrada y a la salida del sistema instalado.

El manual de mantenimiento brindará a los técnicos la información específica de todos los equipos y elementos que fueron utilizados en el desarrollo del proyecto, además el documento incluye planos del proyecto y se anexa un esquema eléctrico del sistema implementado, al tomar en cuenta la información desarrollada en el manual se garantizará un óptimo desempeño del sistema y extenderá la vida útil de los equipos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cableado de cada una de las mesas de trabajo se diseñó con base en las cargas eléctricas que se van a manejar en los módulos eléctricos, sobredimensionando un rango de seguridad y considerando posibles mejoras a futuro; cada circuito de trabajo cuenta con su protección individual y con una activación manual desde el tablero de distribución.

La utilización del extractor es independiente de los demás sistemas que se encuentran en el laboratorio, además cuenta con su propia protección eléctrica; para mayor seguridad el accionamiento del sistema de extracción se lo realiza desde el tablero de control siempre y cuando el tablero se encuentre operando, adicional al sistema de extracción se tiene la opción de ventilación, es decir, el sistema cuenta con dos opciones de ventilación y extracción de aire que pueden ser utilizadas de acuerdo a la necesidad del momento, el selector de operación se encuentra empotrado en la pared el mismo que esta etiquetado para la selección adecuada del modo de operación.

3.1 Requerimientos del sistema

Se desarrolló un estudio técnico en el cual se analizaron parámetros técnicos, de ventilación y extracción de aire, diseño e infraestructura, cálculos, requerimientos, la aplicación de normativa eléctrica y además de un estudio del área en donde se va a montar el proyecto.

Estudio de la infraestructura del laboratorio

Se diseñaron las instalaciones eléctricas y de ventilación para el nuevo laboratorio, se revisó el área y las únicas instalaciones correspondían a iluminación y tomas de 110 (V_{AC}), razón por la cual en esta sección se establecen los requisitos mínimos que deben manejarse para el montaje de un proyecto con características eléctricas y de ventilación, en la Figura 3.1 se muestra el plano eléctrico, el mismo que corresponde a las condiciones iniciales del laboratorio antes del montaje del proyecto.

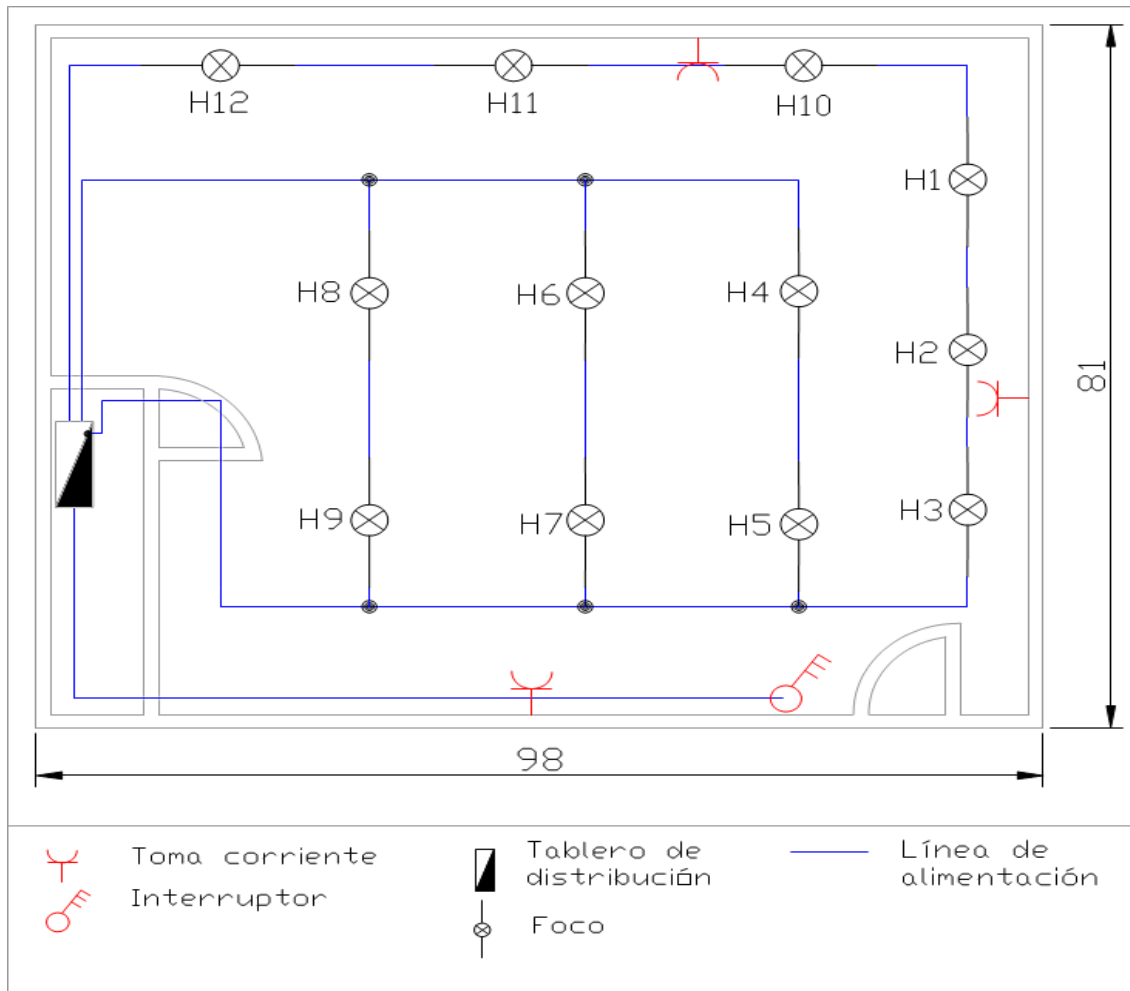


Figura 3.1 Diagrama eléctrico inicial del laboratorio aula 33

Se verificó la infraestructura que presta el laboratorio tanto en el área de trabajo como en el área del techo y tumbado.

En vista del material del que están hechas las paredes (Ladrillo) y del material del techo (Gypsum), se estableció que para el diseño de la estructura de ventilación sería, necesario anclar mediante soportes (tacos Fisher) a la pared, un soporte al techo mediante pernos autopercutores.

Mientras que para el diseño del cableado de las mesas de trabajo, tanto para los módulos eléctricos como para los tomacorrientes auxiliares de los módulos electroneumáticos, se tomó como mejor opción el diseño de la distribución general del cableado por el techo; mediante el recubrimiento de mangueras plásticas asegurándolas a las cadenas con alambre de amarre y a su vez para la distribución específica hacia cada mesa por la pared y el piso hasta su respectivo destino con el uso de canaletas plásticas de protección.

Diseño de planos eléctricos e infraestructura

Se diseñaron los planos eléctricos y de ventilación acorde a los datos reunidos y a las características del área de trabajo, se tomaron en consideración aspectos de seguridad.

Una vez analizadas las medidas y características del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas se realizó el diseño como se observa en la Figura 3.2 tanto para el cableado de las mesas de trabajo como el diseño del sistema de extracción de aire mediante el uso de software AutoCAD, se tomaron en consideración las medidas exactas hacia cada una de las mesas de trabajo, así como el diseño de la estructura de soporte para la ubicación del extractor, para el diseño del cableado fue indispensable la ubicación definitiva de las mesas de trabajo; para lo cual cada mesa fue empotrada al piso evitando de esta forma afectar los diseños realizados.

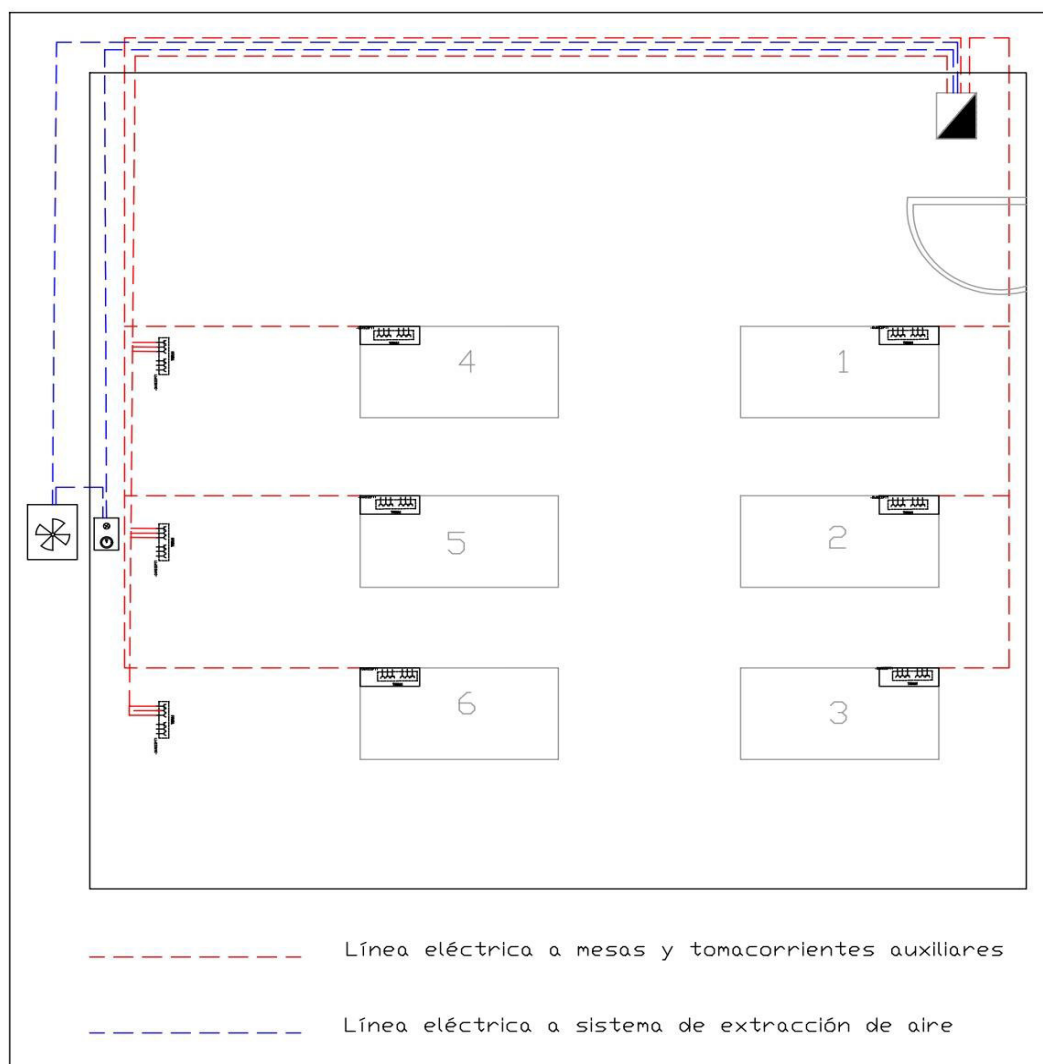


Figura 3.2 Distribución de cableado para sistema de extracción de aire y mesas.

Tomando en cuenta los parámetros de diseño de sistemas de ventilación y de aire acondicionado, y considerando ciertas características del sistema a instalar como: tamaño del ventilador/extractor, soporte del sistema, nivel de ruido, características del aula, y la extracción de aire, se diseñó el sistema en la parte externa del laboratorio como se observa en la Figura 3.3 para evitar en lo posible afectar el ambiente de trabajo y precautelar la seguridad del personal.

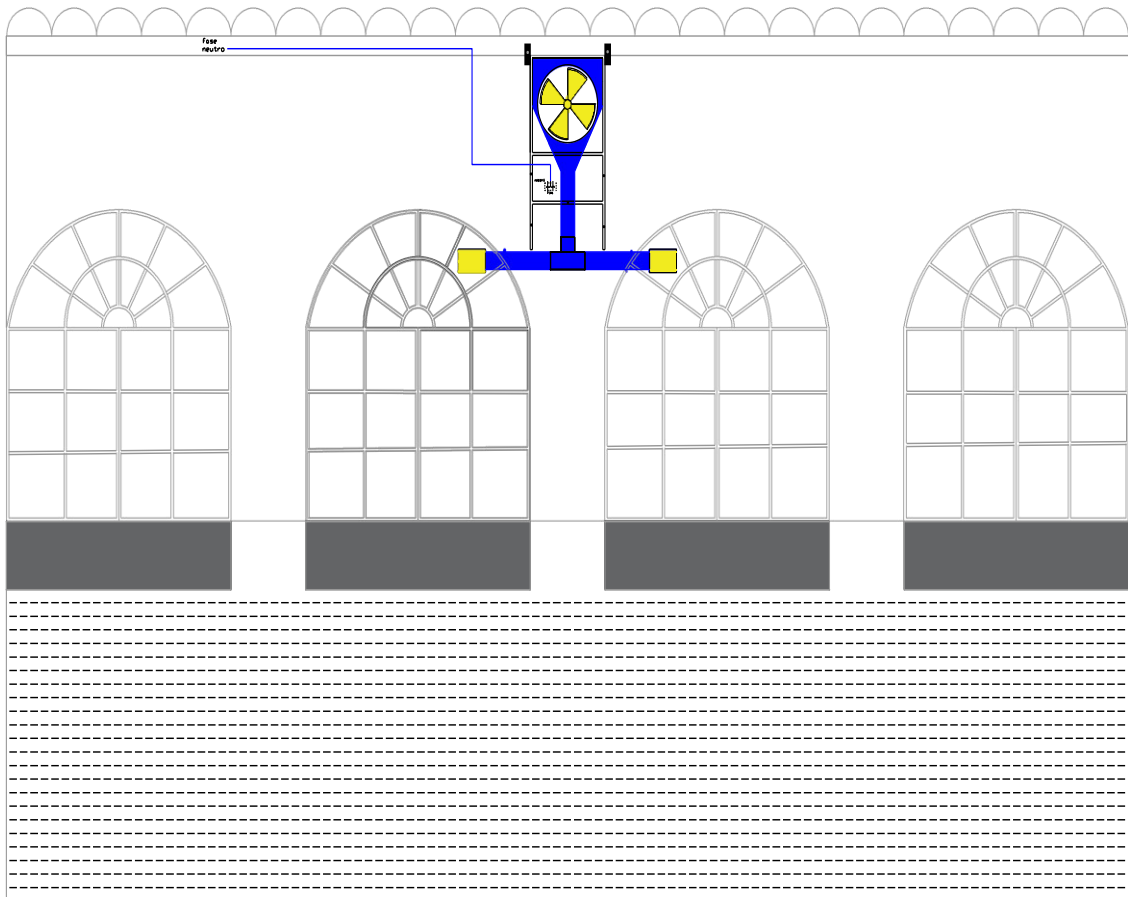


Figura 3.3 Diseño del sistema de extracción de aire

Selección de Componentes eléctricos y Equipos

Previo a la selección de los materiales que se necesitarían para el proyecto se investigaron las características que necesitarían los equipos y materiales a instalar, es decir, la corriente, la tensión, la potencia máxima con la cual se trabajará, la cantidad de estudiantes que hacen uso de las áreas, las dimensiones del aula, las características de la infraestructura, etc.

Cableado

Se consideraron las magnitudes eléctricas con las que se trabajará en el laboratorio tanto para el tablero de distribución, módulos eléctricos de cada mesa y para los tomacorrientes auxiliares de los módulos electroneumáticos, se presentan las características eléctricas en la Tabla 3.1 valores que fueron tomados como referencia para la selección de conductores en base a las cargas que manejan en la tesis de Elaboración de 6 módulos de baja tensión para el laboratorio de instalaciones eléctricas-ESFOT.

Tabla 3.1 Cargas máximas de módulos eléctricos. (Andrade, 2021)

Módulos Eléctricos	Corriente (A)	Voltaje (V _{AC})	Voltaje (V _{DC})
Monofásico	6	110	---
Trifásico	6	220	---
Trifásico	16	220	---
Tomas V _{DC}	2.1	---	12

La selección del calibre del cable se establece con la Ecuación 3.1, dimensionando el conductor para que soporte 1.25 veces la corriente nominal a trabajar tomando como ejemplo los valores máximos de corriente.

$$I = 1.25 \times I_{pc}$$

Ecuación 3.1 Fórmula para determinar el calibre de un conductor.

Se reemplaza los valores en la Ecuación 3.1

$$I = 1.25 \times 16 \text{ Amp}$$

$$I = 20 \text{ Amp}$$

Tabla 3.2 Características de los conductores implementados.

Calibre de Cable	In (A)	In (A)	In (A)	Vmax (V)
	60°C	75°C	90°C	
14AWG	15	15	16	600
12AWG	20	20	22	600
10AWG	30	30	32	600

Como se aprecia en la Tabla 3.2 el conductor 12 AWG era suficiente para el proyecto, pero por normativa y en este caso se considera como cargas especiales debido a que se va a trabajar con motores; la NEC establece que para cargas especiales el calibre mínimo a utilizar es del número 10 AWG (MIDUVI, 2018).

Conductor a tierra

El objetivo del conductor a tierra es evitar que el personal entre en contacto con los circuitos eléctricos instalados cuando se presente una falla, con esto se garantiza la seguridad de las personas y se protegen los equipos e instalaciones del proyecto.

Para la instalación de conductor a tierra la norma de la construcción establece que todos los equipos eléctricos como tomacorrientes, circuitos para módulos eléctricos (cargas especiales) deben llevar un conductor a tierra independiente del neutro, además, solamente en el tablero de distribución se realiza un puente equipotencial entre la barra que acopla a los cables de neutro y la barra de los cables de tierra (MIDUVI, 2018).

Para la selección del conductor a tierra la NEC especifica una tabla para la elección adecuada del calibre según se aprecia en la Tabla 3.3 en este caso se seleccionó el conductor calibre número 14 AWG. (MIDUVI, 2018).

Tabla 3.3 Selección de conductores a tierra.

Capacidad del conductor a Tierra en (A)	Tamaño nominal mm² (AWG)
15	2.08 (14)
20	3.31 (12)
30	5.26 (10)
40	5.26 (10)
60	5.26 (10)

Ventilador y extractor

Evitar la acumulación de gases o humo dentro de un área es el objetivo primordial de un extractor y mover el aire de un espacio a través de la renovación del fluido es la acción de un ventilador. Para seleccionar el equipo adecuado se deben tomar en cuenta las dimensiones del lugar, caudal de aire a extraer o ventilar, potencia del equipo, número de renovaciones por hora, ruido, tipo de local, etc.

Como regla general para el cálculo del caudal de aire a ventilar o extraer de una habitación, el extractor o ventilador debe ser capaz de trabajar de 6 a 10 veces la cantidad total de aire que hay en la habitación por hora de trabajo, para lo cual se debe calcular el volumen de un área utilizando la Ecuación 3.2. (UTRIA, 2001)

$$V = (\text{ancho} \times \text{alto} \times \text{largo})$$

Ecuación 3.2 Volumen de un área.

Se reemplaza los valores de las medidas del laboratorio en la Ecuación 3.2 y se tiene:

$$V = (8.1 \times 2.9 \times 9.8)$$

$$V = 230.20 \text{ m}^3$$

A este valor del volumen se multiplica por el número de renovaciones/hora el cual proporciona el caudal necesario.

Para determinar el número de renovaciones/hora existe la Norma (DIN1946), la cual especifica en base a una tabla un número aconsejable a considerarse de acuerdo al tipo o uso que tiene un local o área específica, se muestra en la Tabla 3.4 algunos ejemplos de renovaciones por hora que se pueden seleccionar según el tipo de local.

Tabla 3.4 Renovaciones/hora DIN1946.

Tipo de Local	Renovaciones de aire por hora
Aulas	5-7
Auditorios	6-8
Almacenes	5-10
Bibliotecas	4-5
Casinos	8-12
Cabinas de pintura	25-50
Cuartos de baño	5-7
Discotecas	10-12
Duchas	15-25
Garajes	5aprox
Habitaciones	3-8
Inodoros	8-15
Lavandería	10-20
Laboratorios	8-15

Tipo de Local	Renovaciones de aire por hora
Oficinas	4-8
Piscinas	3-4
Salas de conferencias	6-8
Salas de máquinas	10-40
Talleres de montaje	4-8
Talleres de soldadura	20-30
Tintorerías	5-15

En base a la Tabla 3.4 se considera al área como Aulas y se escoge el mayor valor de renovaciones por hora (7) y se calcula el Caudal con la Ecuación 3.3

$$Q = V \times \text{ren}/h$$

Ecuación 3.3 Determinación de caudal.

$$Q = 230.2 \times 7 \text{ ren/hora}$$

$$Q = 1611.4 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Ese sería el valor de caudal necesario para la selección de un extractor.

Tomacorriente de 110 (V_{AC}) y 220 (V_{AC})

Las condiciones a tomar en consideración para la selección de tomacorrientes según normas de construcción (NEC) dicen que los calibres tanto de fase y neutro deben ser iguales y tomar como referencia un calibre número 12 AWG de cobre aislado tipo THHN como valor mínimo para circuitos de tomacorrientes y un calibre número 14 AWG para el conductor a tierra, la capacidad máxima para tomacorrientes en laboratorio sería de 20 (A) y no exceder de 10 tomacorrientes por circuito por lo que el conductor seleccionado sería el apropiado y su protección termomagnética sería de 20 (A) (MIDUVI, 2018).

Según características del área y por norma eléctrica los tomacorrientes deben instalarse a 0.40m del piso terminado y alojarse en cajetines para protección de los conductores.

Manguera

La selección de manguera de protección del cableado se estableció en base a normas de construcción, la manguera de polietileno (tubería negra) gracias a sus características de menor peso, flexibilidad y además de proporcionar seguridad y protección a los conductores ante posible desgaste del aislante por rozamiento o condiciones ambientales, además se evita afectar o dañar los cables con los bordes en donde fue cortada la manguera. Para su instalación se debe sujetar con alambre de acero galvanizado a la estructura metálica (Cadenas) para proporcionar seguridad y estabilidad al sistema.

El diámetro de la tubería es de 1^{1/2} pulgada y debe ser capaz de albergar 15 conductores del calibre 10 AWG como se muestra en la Figura 3.4, además debe ser un sistema independiente de los demás, por ende, las tuberías de recubrimiento serán separadas de los demás sistemas existentes.



Figura 3.4 Manguera de polietileno negra

Canaletas para Pared

La selección de canaletas PVC blancas se establece en base a la cantidad de conductores que van a albergar, el tamaño del calibre de estos y de su ubicación final, como se observa en la Figura 3.5. Para su selección se divide en canaletas de albergue total y canaletas de albergue específico; por ejemplo, las canaletas que contendrán al

grupo de cables de las mesas 1,2,3 y las que contendrán a los cables de cada mesa, una característica importante de este tipo de accesorio es que permiten a los técnicos acceder rápidamente a los cables con el solo hecho de retirar la tapa y además de brindar una mejor apariencia a diferencia de la manguera de polietileno (manguera negra).



Figura 3.5 Canaletas de PVC blancas

Canaletas de piso

Este tipo de canaletas deben albergar y proporcionar seguridad a los conductores debido a que por su ubicación van a estar sometidas a constantes daños externos como el tránsito de estudiantes, aplastamiento por equipos, sus características físicas deben brindar resistencia a daños externos, ser de fácil accesibilidad para revisión de los conductores, no afectar al tránsito del personal, evitando posibles accidentes y no afectar el aspecto estético del área como se observa en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Canaleta de piso

Alambre de amarre, pernos y tacos Fisher

Como se puede observar en la Figura 3.7 el objetivo de estos elementos es proporcionar soporte, seguridad y fijación al proyecto, asegurando el sistema instalado a la infraestructura del laboratorio como son en las paredes, cadenas, vigas metálicas, piso y mesas de trabajo.



Figura 3.7 Fijación del sistema de cableado a la estructura metálica del edificio

3.2 Plano P&ID del sistema de extracción de aire y cableado

Se diseñó el plano P&ID en base a la nomenclatura de la Tabla 3.5 y simbología tomados de la normativa ISA S5.1, ver Figura 3.8, este plano brinda una información rápida al personal sea para realizar análisis de riesgos, operabilidad, mantenimiento y modificación del sistema instalado. Para el diseño se tomaron símbolos ya estandarizados de los elementos que se utilizaron en el proyecto como: ventilador, relés, selectores de posición, luces, contactores. Además, se utilizó la normativa mencionada para líneas de conexión como: señal eléctrica, señal neumática. En el Anexo 8 se puede observar una imagen más amplia y con mejor resolución. (Antonio Bueno, 2021), (SIERRA, 2011).

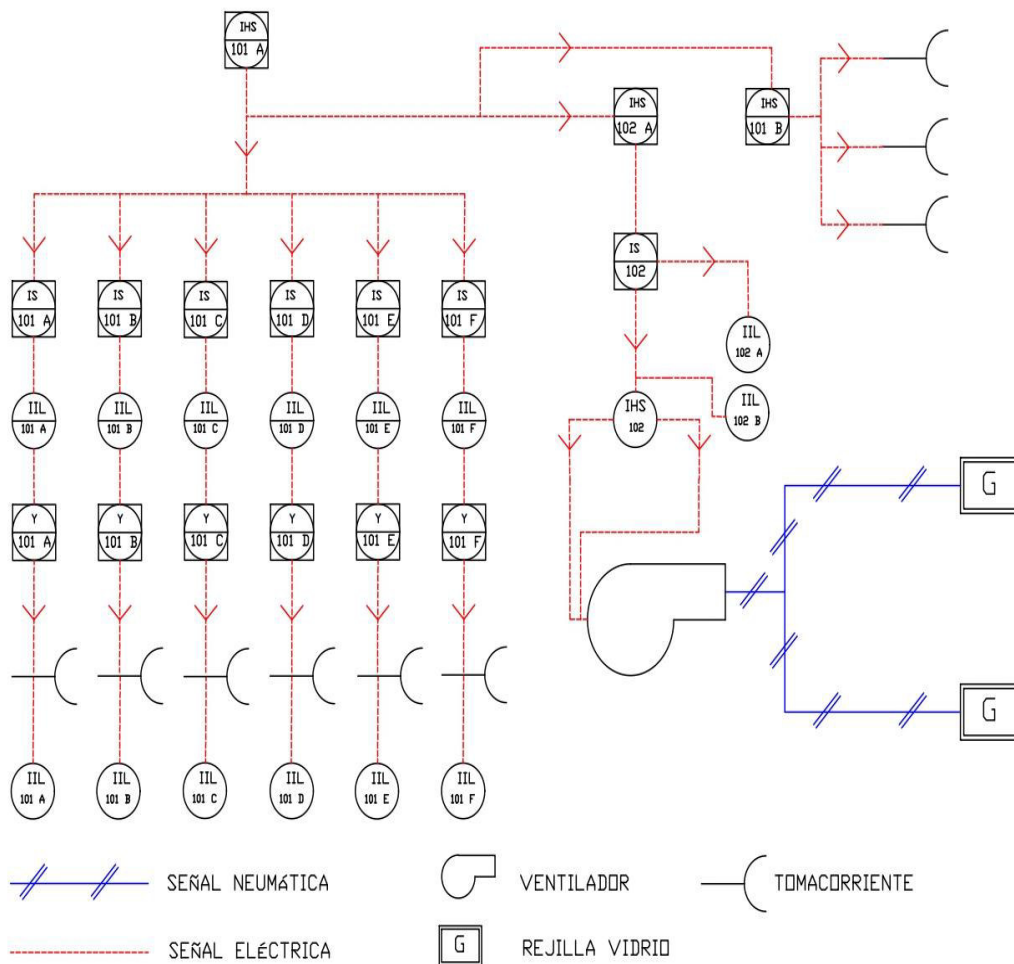


Figura 3.8 Diagrama P&ID del sistema de extracción de aire y cableado de mesas.

Tabla 3.5 Normativa ISA S5.1 para diagramas P&ID

LETRAS DE MODIFICACIÓN					
	Primera Letra		Letras Sucesivas		
	Variable medida	Modificador	Función de Lectura	Función de salida	Modificador
A	Análisis		Alarma		
B	Quemador, combustión		Selección del Usuario	Usuario	Usuario
C	Selección del Usuario			Controlador	
D	Selección del Usuario	Diferencial			
E	Tensión		Sensor		
F	Flujo	Relación			
G	Selección del Usuario		Dispositivo de vidrio		
H	Manual				Alto
I	Corriente		Indicación		
J	Potencia	Exploración			
K	Tiempo	Variación de tiempo		Estación de control	
L	Nivel		Luz piloto		Bajo
M	Humedad				Medio
N	Selección del Usuario		Selección del Usuario	Selección del Usuario	Intermedio
O	Selección del Usuario		Orificio, restricción	Usuario	
P	Presión, Vacío		Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integrador, total			
R	Radiación		Registrador		
S	Velocidad, Frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, análisis			Válvula	
W	Peso, fuerza		Vaina		
X	Sin clasificar	Eje X	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Evento o estado	Eje Y		Relé, convertidor	
Z	Posición, dimensión	Eje Z		Elemento Final	

Además, se adjunta los esquemas eléctricos del proyecto en la sección de Anexos. Para el diseño se tomó en cuenta la simbología eléctrica que dicta la norma IEC 60617 mediante la cual se realizó todo el sistema eléctrico instalado, es decir, desde su acometida hasta el final de la línea (tomacorrientes), en estos esquemas se detallan los circuitos de control y los circuitos de fuerza diseñados para todo el proyecto.

3.3 Sistema de extracción de aire y cableado en las mesas

Para el desarrollo de la instalación del sistema de extracción y el cableado de las mesas se consideró inicialmente a cada una de las cargas que se van a usar en el sistema, es decir, en cada uno de los módulos de las mesas y la carga con la que va a trabajar el extractor.

Selección del equipo y montaje del Sistema de Extracción de aire

Para el extractor se procedió con el cálculo de los CFM necesarios para esta área, considerándolo como aula debido a que en este se procederá a impartir clases mas no a realizar experimentos químicos; a continuación, se detalla los cálculos realizados y tablas utilizadas.

Selección del extractor

Como ya se analizó en la sección de requerimientos del sistema; el volumen del área con la Ecuación 3.2 es:

$$V= 230.20 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de los CFM se necesita transformar los metros cúbicos a pies cúbicos como se aprecia en la Ecuación 3.4.

$$V= 230.20 \text{ m}^3 \cdot \left(\frac{3.28 \text{ ft}^3}{1 \text{ m}^3} \right)$$

Ecuación 3.4 Transformación a pies³.

El volumen del área es:

$$V=8123.27 \text{ ft}^3$$

Se utiliza la Ecuación 3.5 para el cálculo de CFM:

$$\text{CFM} = \frac{\text{Volumen}}{\frac{\text{Cambio}}{\text{Hora}}}$$

Ecuación 3.5 Cálculo de CFM.

Cambio/hora es el número de renovaciones de aire que realiza el extractor dentro de una hora las mismas se toman de acuerdo con la Tabla 3.4 en la cual se especifica que el tipo de área es considerada como aula y se toma el mayor valor de renovaciones por hora.

Se reemplazan los valores en la Ecuación 3.5 y se tiene:

$$\text{CFM}=1160.46 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Se consideraron las pérdidas de flujo de aire por un 20% en ductos, codos y rejillas, se suma la pérdida al total de CFM que se tiene en la Ecuación 3.5 y se obtiene:

$$\text{CFM}=1392.55 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

El mismo que corresponde al valor de CFM a considerar para la selección del equipo, el equipo seleccionado es un ventilador/extractor con las características presentadas en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Características del ventilador.

Magnitud	Valor	Magnitud	Valor
RPM	1340	Voltaje	110 (V _{AC})
CFM	1500	Corriente	0.68 (A)
CAUDAL	224 (m ³ /min)	Potencia	80 (W)
Hélices	Aluminio 16"	Tipo	Ventilador/Extractor
FRECUENCIA	60HZ	MARCA	FOREVER

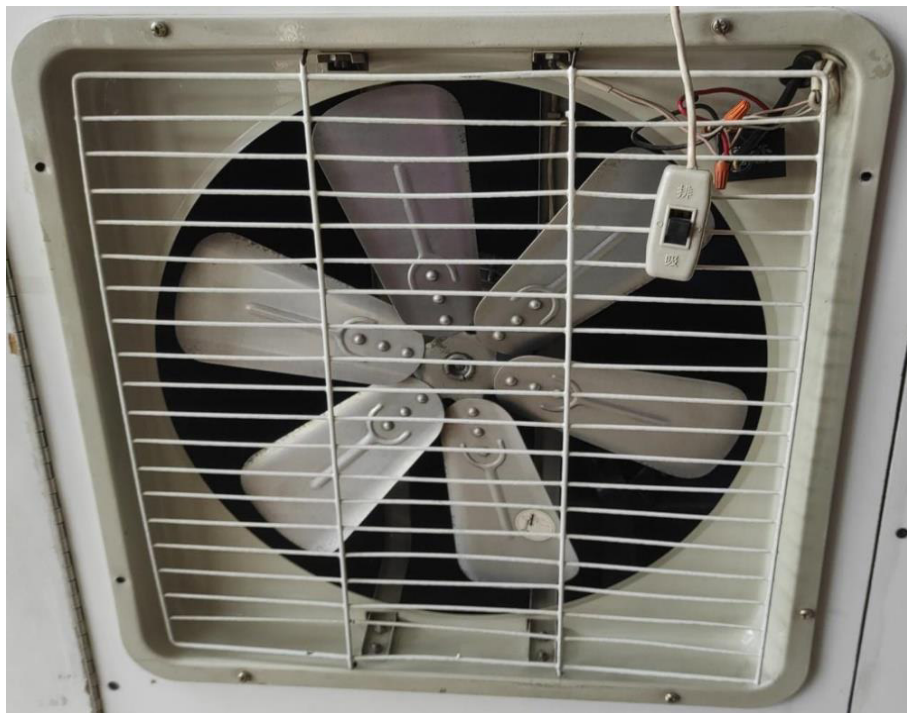


Figura 3.9 Equipo seleccionado

Una vez seleccionado el Equipo Extractor y al tener las medidas reales del equipo se diseñó la infraestructura en AutoCAD, que servirá de soporte al sistema de extracción de aire como se observa en la Figura 3.10.

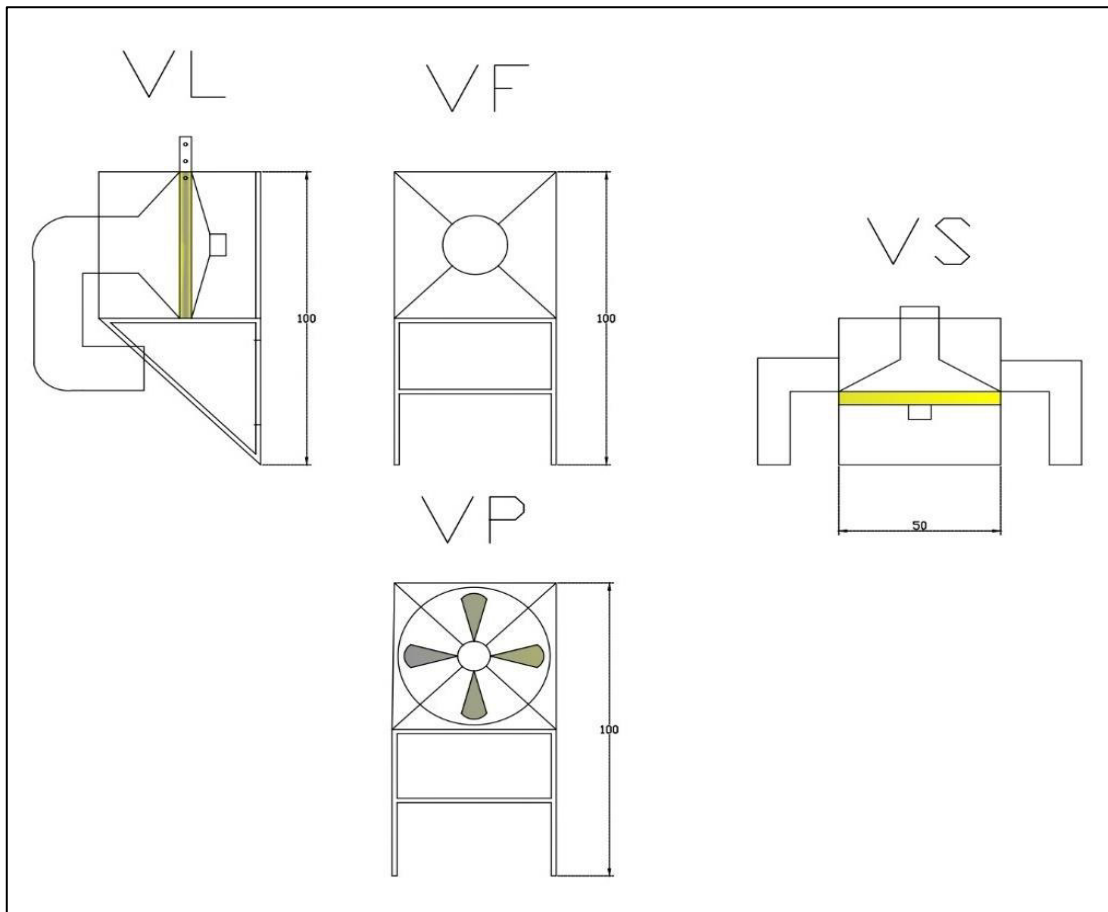


Figura 3.10 Diseño de infraestructura para ventilador

Selección de calibre para alimentación del extractor/ventilador

Se establece para la selección del calibre del conductor que la corriente que soportará debe ser 1.25 veces la corriente nominal del equipo; se determinó en la Ecuación 3.6 la corriente necesaria para el equipo seleccionado. (MIDUVI, 2018)

$$I = 1.25 \times 0.68 \text{ (A)}$$

Ecuación 3.6 Cálculo del calibre para ventilador/extractor.

Se tiene un valor de corriente de:

$$I = 0.85 \text{ (A)}$$

Se considera el calibre 12 AWG tanto para fase (R), neutro y un calibre 14 para tierra según especificaciones de las normas de construcción según la Tabla 3.2.

El espacio físico para la implementación del sistema se muestra en la Figura 3.11 para el montaje en la parte exterior del aula 33.



Figura 3.11 Área seleccionada para montaje del sistema de extracción

Se diseñó la estructura que servirá de soporte para el equipo y sus accesorios a instalar, conforme se observa en la Figura 3.12, la estructura es metálica de aluminio para reducir el peso; pero es lo suficientemente resistente para abarcar a todo el sistema, se soldó con ayuda de suelda eléctrica y electrodo 6011 con revestimiento a una corriente de 80 (A) para tener mayor penetración del material a soldar, al final se procedió a pintar toda la estructura con pintura anticorrosiva.



Figura 3.12 Soporte del sistema de extracción de aire

La estructura posee recubrimiento realizado en láminas de tol como se observa en la Figura 3.13 para evitar que el agua ingrese y pueda afectar al equipo, la estructura realizada se diseñó acorde a las características que brinda el laboratorio.



Figura 3.13 Cubierta de protección del equipo

Para evitar fugas y que el extractor proporcione el total de su capacidad al succionar o en el caso de ventilar el aire se realizó una campana en láminas de tol, ver Figura 3.14, además proporciona protección al equipo para evitar el ingreso de posibles partículas que pueden afectar al equipo.



Figura 3.14 Campana de extracción de aire

Cabe señalar que toda la estructura es desmontable, ya sea para mantenimiento (limpieza, pintura, revisión) o para realizar alguna mejora como se observa en la Figura 3.15.



Figura 3.15 Estructura desmontable del sistema de extracción de aire

Previo al montaje de la estructura en la pared se colocó una capa de Sicabón (espuma aislante) como material aislante y reductor de ruido, se rellenó de este material todo el contorno del anclaje del equipo para que el sistema sea hermético como se observa en la Figura 3.16.



Figura 3.16 Instalación de aislante sicabón

Se procedió al montaje del sistema que sirve de soporte al equipo como se observa en la Figura 3.17, para lo cual se asegura con pernos y tacos para hormigón realizando perforaciones en la pared y asegurando al techo con pernos autoperforantes para madera a la altura de los orificios ya señalados en la estructura metálica.



Figura 3.17 Instalación del equipo.

Montaje de la campana del extractor.

Una vez instalada la estructura y el ventilador como se observa en la Figura 3.18 se aplicó una capa de silicón en todo el marco que recubre al equipo para protegerlo de la lluvia, la campana de extracción captará la mayor cantidad de aire que el ventilador expulse, asegurando una mayor efectividad al momento de la extracción o ventilación de aire.



Figura 3.18 Campana del extractor

Montaje de ductos y rejillas

Terminado el montaje del soporte del ventilador se procedieron a conectar los ductos (aluminio corrugado) de 5" con abrazaderas metálicas, estos ductos por su característica flexible y menor peso permiten adecuarse al lugar en donde se los va a instalar; además de ser resistentes a las condiciones climáticas, extendiendo la vida útil de los elementos como se observa en la Figura 3.19.



Figura 3.19 Ductos de aluminio de 5 pulgadas

Se instalaron las rejillas para lo cual se procedió a retirar el vidrio y se lo cambio con acrílico el mismo que soporta las vibraciones por efecto del aire, las rejillas plásticas permiten el acoplamiento seguro a la ventana y no afectan la normal circulación del flujo de aire como se observa en la Figura 3.20.



Figura 3.20 Instalación de rejillas

El montaje del sistema de extracción se desarrolló acorde a los planos establecidos como se observa en la Figura 3.10 y con la seguridad del necesaria para proporcionar estabilidad, seguridad y protección al sistema como se observa en la Figura 3.21, cabe señalar que la forma en la que se instalaron los ductos no afecta a la circulación del flujo de aire por ende las pérdidas de CFM por ductos no son considerables.



Figura 3.21 Montaje del sistema de extracción de aire

Una vez realizado el montaje de la infraestructura del sistema de extracción de aire, se instaló el sistema eléctrico para la alimentación del equipo, se observa en la Figura 3.22, en donde se muestra el interruptor termomagnético correspondiente al sistema de extracción desde el cual inicia la distribución del cableado por el techo, con su respectivo sistema de anclaje a la estructura del edificio.



Figura 3.22 Termomagnético para ventilación

Como se muestra en Anexo 2 el diseño del cableado para el sistema de extracción de aire se instaló acorde a los planos ya establecidos, el cableado está separado del grupo de conductores que son para las mesas de trabajo por lo que en caso de mantenimiento son de fácil identificación, ya que se encuentran etiquetados para su rápida ubicación como se muestra en Figura 3.23.



Figura 3.23 Etiquetado del cableado

Una vez realizada la distribución del cableado hasta su respectivo destino se realiza el montaje de la alimentación fase y neutro para la polarización del equipo; mas no para la activación, es decir, el equipo posee un sistema de selección el cual permite cambiar de giro al motor (Activación) sea para modo de extracción o para modo ventilación como se observa en Anexo 4 y Figura 3.24.



Figura 3.24 Alimentación al sistema de extracción de aire.

Se procede al reemplazo del selector de operación de fábrica por un sistema de control interno en el laboratorio, el mismo que mediante la línea de fase permite la selección de tres opciones apagado, activación para el modo de ventilación y activación para el modo de extracción de aire como se observa en Figura 3.25, el mismo que garantiza realizar la maniobra con seguridad.



Figura 3.25 Módulo selector para control del sistema de extracción

Como se observa en Figura 3.26 el sistema esta energizado y operando en modo ventilación; para verificar su respectiva operación se lo puede observar en las pruebas de funcionamiento o verificar en los videos de funcionamiento ingresando en los códigos QR de este informe.

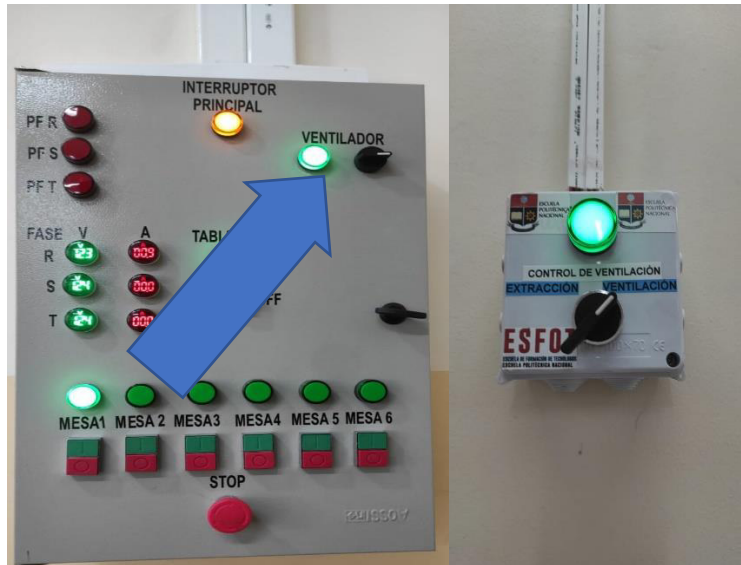


Figura 3.26 Operación del sistema de extracción de aire.

Montaje de cableado de mesas de trabajo

Selección de conductores

Tomando en cuenta la corriente eléctrica que se va a transportar y considerando posibles ampliaciones, se utilizaron los cables 10 AWG para la cada una de las fases de alimentación de los módulos eléctricos, 12AWG para alimentación de circuitos especiales de tomacorrientes auxiliares y del sistema de extracción de aire y 14AWG para cableado de tierra; siendo todos los conductores de tipo THHN flexible de la Marca GENERAL CABLE los cuales brindan las características según la Tabla 3.7. (CABLE, 2014)

Tabla 3.7 Especificaciones técnicas de los conductores del calibre 10 AWG,12AWG,14AWG,16AWG

General Cable	
Conductor 10 AWG THHN	Especificaciones Técnicas
Corriente	40 (A)
Temperatura	90 (°C)
Voltaje	600 (V)
Aplicaciones	Tomas, duchas eléctricas, especiales, cocina inducción

Conductor 12 AWG THHN	Especificaciones Técnicas
Corriente	30 (A)
Temperatura	90 (°C)
Voltaje	600 (V)
Aplicaciones	Tomas, Iluminación, Interruptor, A/C
Conductor 14 AWG THHN	Especificaciones Técnicas
Corriente	25 (A)
Temperatura	90 (°C)
Voltaje	600 (V)
Aplicaciones	Tomas, Iluminación, Interruptor
Conductor 16 AWG THHN	Especificaciones Técnicas
Corriente	8 (A)
Temperatura	60 (°C)
Voltaje	600 (V)
Aplicaciones	Automotriz, arnés central, tableros de mando.

Estos conductores están diseñados de tal forma que pueden soportar un límite de carga de corriente eléctrica sin sufrir daño en el aislamiento o sufrir calentamiento en el conductor, estos valores varían de acuerdo con el área de sección del hilo, el tipo de material aislante y el número de hilos del cual está conformado el conductor. (CABLE, 2014)

Para la selección de los colores de los cables se lo hace respecto a la Tabla 3.8 con el fin de prevenir accidentes por equivocación en la interpretación de usos de cada uno; debido a esto se utiliza cable de color verde para tierra, amarillo, azul y rojo para cada una de las fases; todos estos en conexión directa al tablero desde cada una de las mesas.

Para identificar a cada una de las fases de los conductores se utilizó código de colores que se detalla en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Código de colores para cables según su utilización

Código de colores	
Conductor	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde
Fase	Amarillo, azul, rojo

Cableado en las mesas

Ya seleccionado el calibre de los conductores se realizaron las canalizaciones en las paredes del laboratorio con canaletas de PVC blancas con fijación por medio de pernos y tacos Fisher, se distribuyó el cableado en dos grupos según la ubicación de las mesas; primero las mesas (1,2,3) y segundo las mesas (4,5,6), es decir, cada grupo contiene 15 conductores según se especifica en la Tabla 3.9, cada mesa tiene un total de 5 cables para alimentación de los Módulos Eléctricos.

En la Tabla 3.10 también se especifica el total de los conductores que alimentan a cada tomacorriente especificando que para Tomacorrientes de 110 (V_{AC}) corresponde (Fase, Neutro y Tierra) y para Tomacorrientes de 220 (V_{AC}) corresponde (Fase, Fase, Neutro y Tierra), estos conductores también se los alojó en las canaletas de pared, es decir, que por canaletas de mesas (4,5,6) van a pasar 25 cables, adjuntando conductores de mesas y tomacorrientes; en cambio por las canaletas de mesas (1,2,3) pasan 15 conductores ya que a ese lado no existen tomacorrientes.

Tabla 3.9 Conductores instalados por mesa

Fases por mesa	Calibre AWG	Corriente (A)
R	10	32
S	10	32
T	10	32
N	10	32
Tierra	14	16

Tabla 3.10 Conductores instalados en tomacorrientes de 110 y 220 (V_{AC})

Fases por Equipo	Calibre AWG	Corriente (A)
R	12	20
S	12	20
N	12	20
Tierra	14	16



Figura 3.27 Canaletas de distribución mesas (4,5,6)



Figura 3.28 Canaletas de distribución mesas (1,2,3)

Una vez realizada la distribución de cables por pared se procedió a la distribución por el techo hasta la acometida del tablero de distribución, en esta etapa se dividió los grupos de cableado especificados en la sección anterior y como se observó en la Figura 3.27 y la Figura 3.28; por seguridad se instalaron en tres grupos independientes: el primero corresponde al cableado de mesas, el segundo al cableado de tomas y el tercero a la alimentación del Sistema de Extracción de aire como se aprecia en la Figura 3.29 y la Figura 3.30, con esto se asegura la identificación de los tres tipos de sistemas eléctricos instalados y se evita ocasionar algún inconveniente en el proyecto por efecto de temperatura en los cables.

Cabe señalar que los grupos de cables (mesas, tomacorrientes y ventilación) están etiquetados tanto en las canaletas como en la distribución del techo.



Figura 3.29 Distribución de cables por el techo



Figura 3.30 Acometida de cables en el tablero de distribución.

Una vez realizada la distribución de los conductores desde el tablero hacia cada mesa y tomacorriente y como se observa en Figura 3.31; cada fase está conectada a su respectivo contactor y se encuentran etiquetados de acuerdo con su color como se observa en la Tabla 3.8. Cada fase esta señalizada en la acometida y en los tomacorrientes, permitiendo que el mantenimiento resulte fácil ya que la identificación de cada conductor en caso de alguna avería sea rápida y precisa.

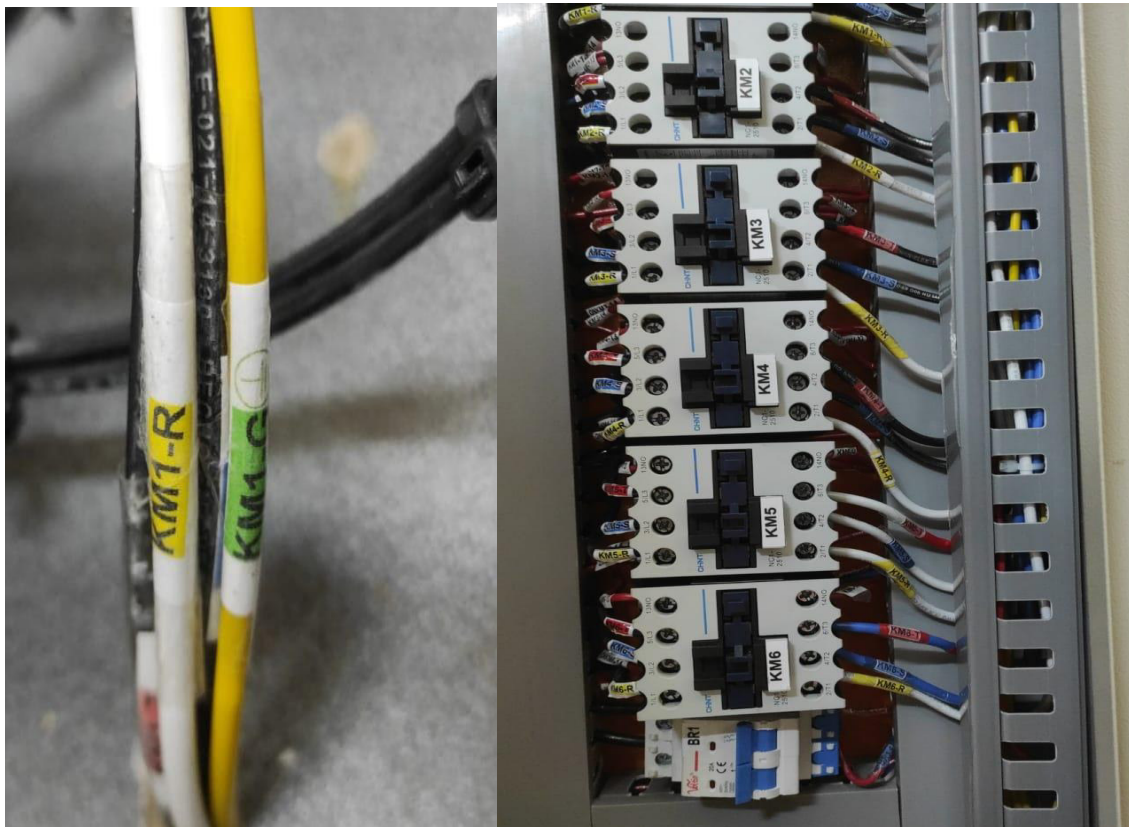


Figura 3.31 Conexión y etiquetado del cableado de las mesas de trabajo.

Una vez realizadas las conexiones desde el tablero hasta los módulos eléctricos de las mesas de trabajo como se observa en la Figura 3.32 se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento con lo cual se asegura que el diseño y la instalación del proyecto operen sin ningún inconveniente.

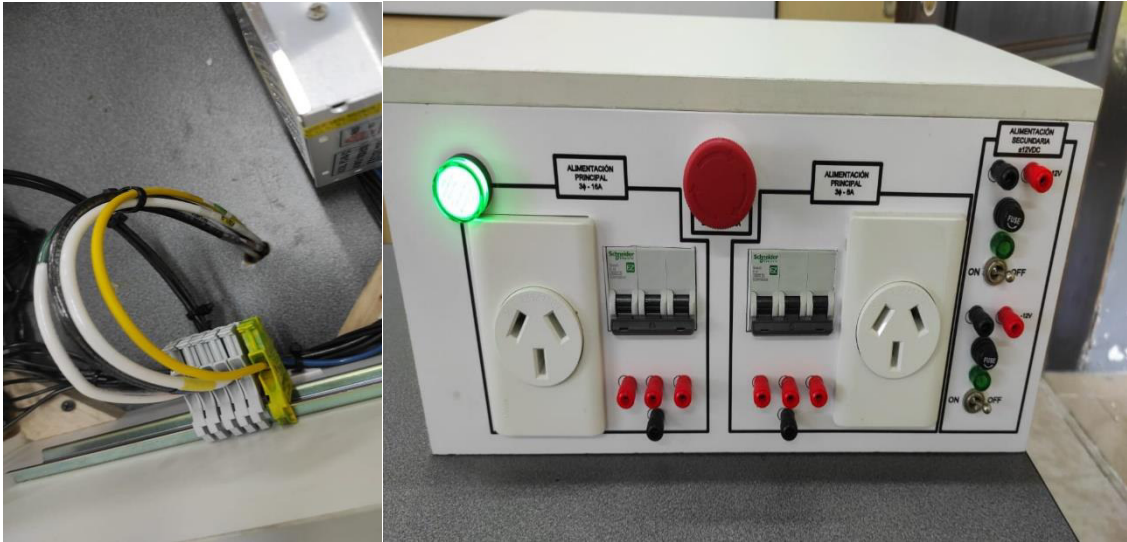


Figura 3.32 Conexión de los módulos eléctricos en mesas de trabajo.

Cableado a los tomacorrientes para módulos electroneumáticos

Se procede al montaje del cableado hacia los tomacorrientes para la operación de los módulos electroneumáticos desde la salida del interruptor termomagnético de 20 (A) como se observa en la Figura 3.33; los dos conductores correspondientes a fase R y fase S fueron etiquetados para diferenciarlos del grupo de conductores de mesas (4,5,6), la fase R alimenta a los tomacorrientes de 110 (V_{AC}) y la fase S alimenta al tomacorriente de 220 (V_{AC}).



Figura 3.33 Acometida interruptor termomagnético

Cada tomacorriente monofásico está alimentado con fase, neutro y tierra y para el tomacorriente bifásico está alimentado con 2 fases, neutro y tierra como se observa en la Figura 3.34 se presenta el montaje del tomacorriente de 110 (V_{AC}).



Figura 3.34 Tomacorriente de 110 (V_{AC})

Como se observa en la Figura 3.35 los tomacorrientes están empotrados a la pared con caja protectora externa, se encuentran etiquetados en su parte externa y por caneletas para diferenciarlos de los demás conductores.

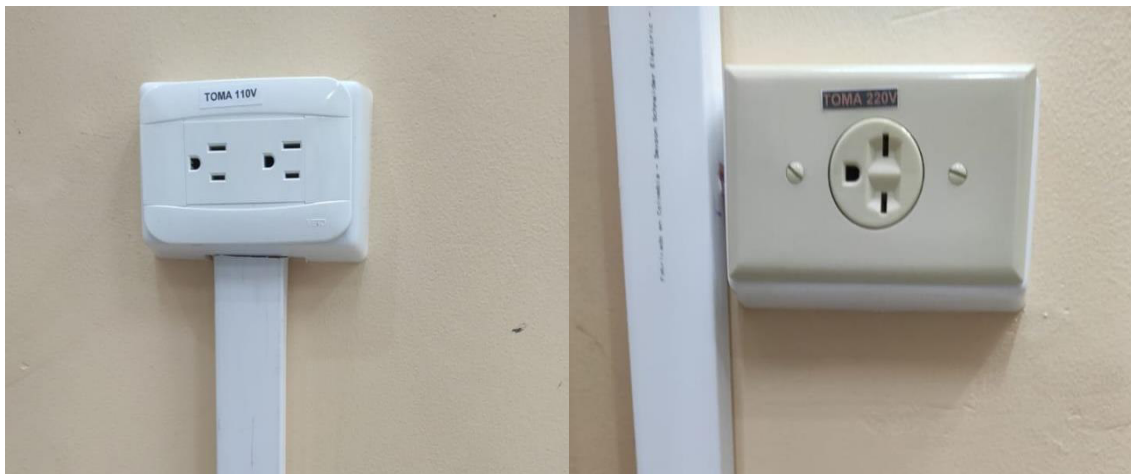


Figura 3.35 Tomacorrientes de 110 (V_{AC}) y 220 (V_{AC})

Como se observa en la Figura 3.36 todos los módulos de las mesas de trabajo se encuentran operativos, se realizaron una serie de pruebas para verificar que el sistema trabaje en óptimas condiciones sin afectar a los demás sistemas instalados en el área, en la siguiente sección se detalla cada una de las pruebas realizadas a todos los sistemas instalados.



Figura 3.36 Activación de todos los módulos eléctricos

3.4 Pruebas y Análisis de Resultados

Prueba de continuidad

Este tipo de prueba se la realiza para verificar que no exista daños o rupturas a lo largo de los conductores o, en otras palabras, para verificar si el circuito está cerrado o abierto.

Con la ayuda de un cable externo conectado a continuación de cualquier extremo de cada una de las líneas eléctricas ya instaladas en cada mesa y a su vez conectado en serie con el multímetro de extremo a extremo como se observa en Figura 3.37, se selecciona la opción continuidad en el multímetro, esta opción envía una pequeña corriente a lo largo del cable y si el circuito está cerrado, es decir, no hay daños ni rupturas, el dispositivo emite un sonido para indicar que el conductor está en buenas condiciones.

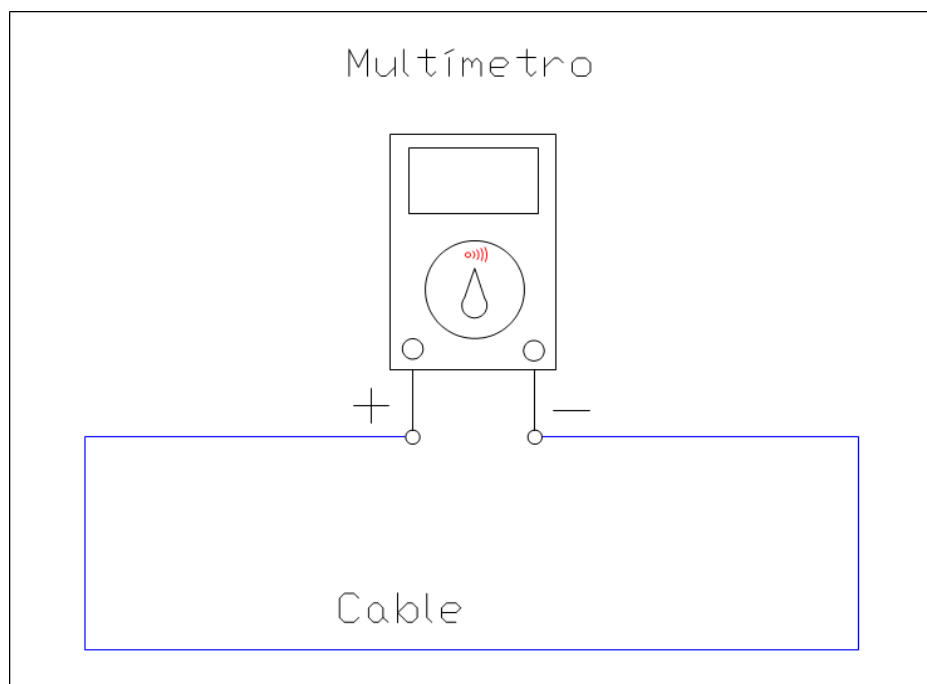


Figura 3.37 Conexión para prueba de continuidad.

Como se observa en la Tabla 3.11 debido a la cantidad de cables que se tienen dentro de una manguera; esta prueba es la indicada para identificar cada fase de un circuito por la facilidad que representa para realizar la prueba.

Tabla 3.11 Resultados de prueba de continuidad

Número de mesa	R	S	T	N	G
Mesa 1	✓	✓	✓	✓	✓
Mesa 2	✓	✓	✓	✓	✓
Mesa 3	✓	✓	✓	✓	✓
Mesa 4	✓	✓	✓	✓	✓
Mesa 5	✓	✓	✓	✓	✓
Mesa 6	✓	✓	✓	✓	✓
Tomas 220 (V _{AC})	✓	✓	✓	✓	✓
Tomas 110 (V _{AC})	✓	✓	✓	✓	✓

Esta prueba también se la realizó para identificar la polaridad de un selector de 3 posiciones Figura 3.38 para el accionamiento del sistema de aire las cuales son: ventilación, extracción y apagado. Para identificar la acción de este elemento se realizó un puente entre los terminales del (número 3) que son las entradas y se polarizó esta fase, a continuación, se procede a mover el selector y se identifica cada salida ya que el multímetro emite un sonido al polarizarse.



Figura 3.38 Selector de 3 posiciones.

Prueba de caída de tensión en mesas

El objetivo de esta prueba es verificar que la tensión no caiga significativamente por efecto de la longitud, la resistividad y del calibre del conductor, considerando que la variación de voltaje esté dentro del margen de tolerancia admisibles para caída de tensión que es el 5% del valor de voltaje que se tiene en la entrada o acometida.

Como se observa en la Figura 3.39 en esta prueba se verificaron las medidas de voltaje y corriente en la acometida y en los tomacorrientes del sistema a cada una de las fases como se aprecia en la Tabla 3.12 y la Tabla 3.13 los cuales son los valores obtenidos cuando el sistema opera sin carga.

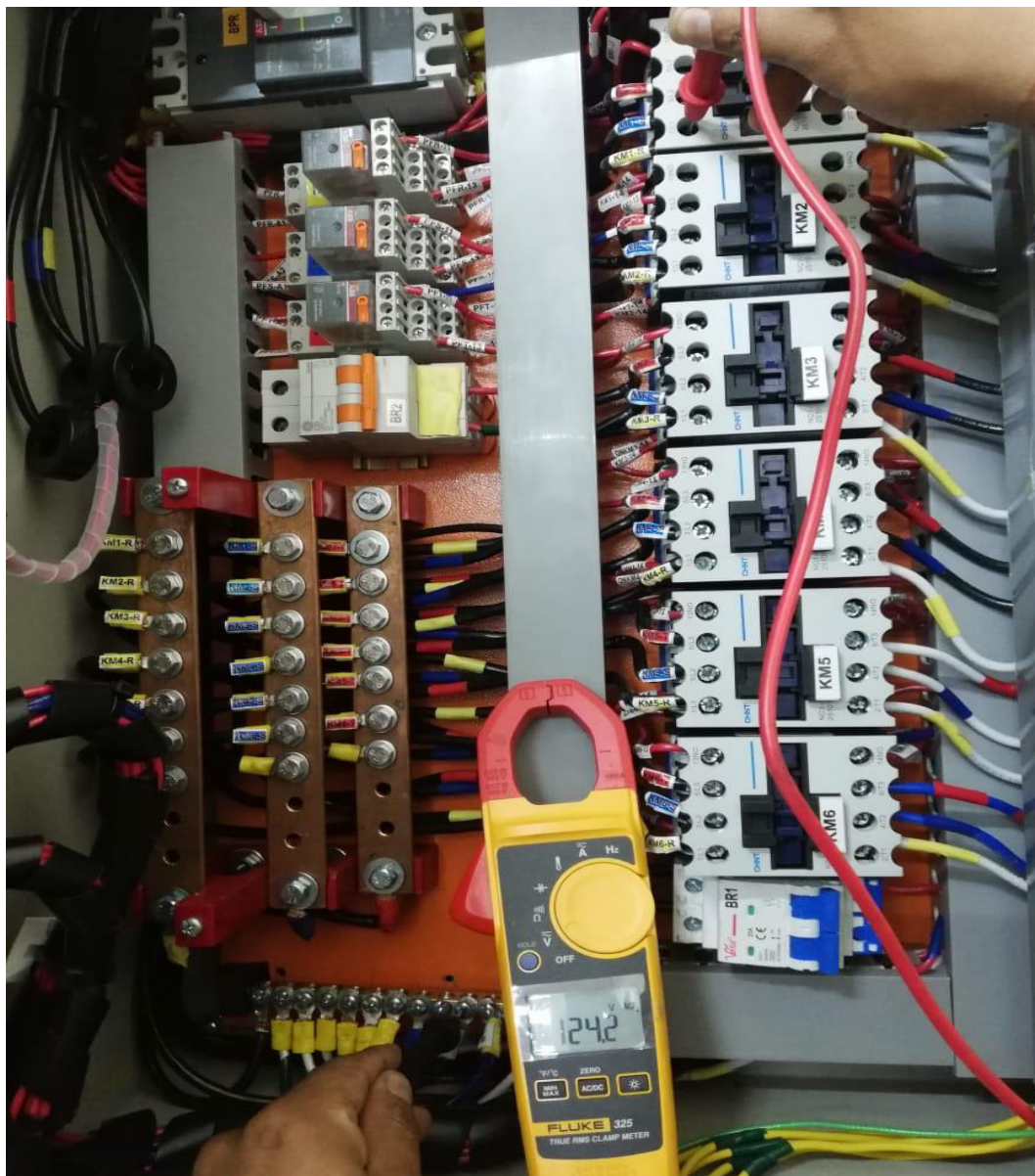


Figura 3.39 Medición de voltaje en el tablero.

Tabla 3.12 Valores obtenidos en la acometida en vacío.

Tablero	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6	Toma 1Ø	Toma 2Ø
L1-N (V)	124.1	124.3	124.2	124.2	124.2	124.1	124.4	-
L2-N (V)	124.1	124.2	124.4	124.5	124.5	124.5	124.6	-
L3-N (V)	124.5	124.5	124.7	124.6	124.8	124.6	-	-
L1-L2 (V)	214.1	214	214.3	214.1	214.3	214.1	-	216.1
L1-L3 (V)	216.6	216.4	216.3	216.4	216.3	216	-	-
L2-L3 (V)	216.1	216.1	216.4	216.5	216.3	216.5	-	-
N-T (V)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-

Tabla 3.13 Valores obtenidos en los tomacorrientes en vacío.

Mesas	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6	Toma 1Ø	Toma 2Ø
L1-N (V)	123.9	124	124	124.1	124.3	124.4	124.2	-
L2-N (V)	124.2	124	124.4	124.5	124.5	124.5	124.4	-
L3-N (V)	124.4	124.4	124.4	124.6	124.5	124.7	-	-
L1-L2 (V)	213.3	213.4	214.1	214.3	214.5	214.6	-	215.9
L1-L3 (V)	215.7	215.8	216.2	216.1	216.4	216.6	-	-
L2-L3 (V)	216.1	216	216.8	216.6	216.5	216.5	-	-
N-T (V)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-

Como se puede observar en la Tabla 3.16 y Tabla 3.17, se presentan los valores que se obtuvieron al medir en la acometida y en los tomacorrientes cuando el sistema opera con carga para lo cual se realizaron pruebas monofásicas y trifásicas con cargas especiales como fueron motores y taladros.

Cómo se puede observar en la Tabla 3.14 y Tabla 3.15, se presentan los valores de placa del motor utilizado para la prueba en la red 3Ø y el taladro en la red 1Ø respectivamente.

Tabla 3.14 Especificaciones técnicas instrumento de prueba red 3Ø

Especificaciones técnicas motor 3Ø SIEMENS							
MOT 1LE0142-ODB26-4-Z			80M	B3 IP	LM-1611000014224638/017		
V	Hz	HP	A	EFF	Cos	r/min	EFF.Cl
220/380 DD/YY	60	0,75	2,60/1,49	74	0,77	1735	IE1
440 D	60	0,75	1,29	74	0,77	1735	IE1

Tabla 3.15 Especificaciones técnicas instrumento de prueba red 1Ø

Especificaciones técnicas taladro BOSCH	
Amps a 120V	5,5 A
Vatios a 120V	700 W
Velocidad Sin Carga	0,2600 rpm
Tamaño de Portabrocas	1/2"
Reducción de engranajes	1
Capacidad en acero	1/2"
Capacidad en madera	1-3/16"
Capacidad en concreto	5/8"
Peso de la herramienta	1,7Kg

Tabla 3.16 Valores obtenidos en la acometida con carga

Tablero	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6	Toma 1Ø	Toma 2Ø
L1-N (V)	123.3	125.0	125.0	125.3	125.5	125.1	125.1	-
L2-N (V)	123.3	125.0	124.9	125.0	125.0	124.7	125.1	-
L3-N (V)	123.5	124.9	124.7	125.3	124.9	124.9	-	-

Tablero	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6	Toma 1Ø	Toma 2Ø
L1-L2 (V)	214.0	214.5	214.6	215.2	214.4	214.6	-	218.4
L1-L3 (V)	216.8	216.8	216.7	217.7	217.1	216.9	-	-
L2-L3 (V)	216.7	216.0	216.7	216.9	216.7	216.6	-	-
N-T (V)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-

Tabla 3.17 Valores obtenidos en los tomacorrientes con carga

Mesas	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6	Toma 1Ø	Toma 2Ø
L1-N (V)	123.1	124.7	124.6	125.1	125.2	124.9	124.6	-
L2-N (V)	123.2	124.6	124.4	124.8	124.7	124.5	124.8	-
L3-N (V)	123.4	124.8	124.5	125.1	124.9	124.3	-	-
L1-L2 (V)	214.6	214.9	215.1	215.9	214.9	215.2	-	218.1
L1-L3 (V)	217.4	217.5	217.6	218.3	217.6	217.4	-	-
L2-L3 (V)	217.2	216.7	217.3	217.8	217.3	217.3	-	-
N-T (V)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-

Para verificar que los parámetros están dentro de los rangos que establece la NEC, en donde especifica que las caídas de tensión no deben superar del 3% al 5 % que son los rangos máximos admisibles de tolerancia para que no existan pérdidas de tensión, para verificar estos valores se utiliza la Ecuación 3.7 de regulación de voltaje (MIDUVI, 2018).

$$RV = \frac{V_{sc} - V_{cc}}{V_{cc}} \times 100\%$$

Ecuación 3.7 Regulación de voltaje

Donde:

V_{cc} : Voltaje con carga (V)

V_{sc} : Voltaje sin carga (V)

Si se utilizan los valores que se tiene en Tabla 3.19 para la mesa 1 y se reemplaza en Ecuación 3.7 se tiene:

$$RV = \frac{123.3 - 123.2}{123.2} \times 100\%$$

$$RV = 0.08\%$$

También se puede calcular la caída de voltaje con la Ecuación 3.9 reemplazando los valores de resistencia que se tiene en la Tabla 3.18 datos que fueron calculados a partir de la Ecuación 3.8, para resistencia en cables y la Tabla 3.19 para valores de corriente, con estos dos valores se puede determinar la caída de voltaje . (HARPER, 2005)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Ecuación 3.8 Resistencia en función de la resistividad

Tabla 3.18 Resistencia del cable en función de la resistividad

Número de mesa	Calibre AWG	Resistividad de cobre	Longitud (m)	Resistencia Ω
Mesa 1	10	0.0172	10.3	0.034
Mesa 2	10	0.0172	12.3	0.040
Mesa 3	10	0.0172	14.1	0.046
Mesa 4	10	0.0172	15.7	0.051
Mesa 5	10	0.0172	17.1	0.055
Mesa 6	10	0.0172	19.1	0.062
Toma de 220 V _{AC}	12	0.0172	11.9	0.062
Toma de 110 V _{AC}	12	0.0172	13.9	0.072
Toma de 110 V _{AC}	12	0.0172	15.9	0.082
Sistema extracción	12	0.0172	20.8	0.108
Tierra mesa 1	14	0.0172	10.3	0.085
Tierra mesa 2	14	0.0172	12.3	0.102
Tierra mesa 3	14	0.0172	14.1	0.118
Tierra mesa 4	14	0.0172	15.7	0.130
Tierra mesa 5	14	0.0172	17.1	0.141
Tierra mesa 6	14	0.0172	19.1	0.157

$$V = R \times I$$

Ecuación 3.9 Ley de OHM

Por ejemplo, tomando en consideración los valores para la mesa 1.

Donde:

$$R : 0.034 (\Omega)$$

$$I : 2.1 (A)$$

Remplazando estos valores en Ecuación 3.9:

$$V = 0.07 (V)$$

Como se observa los valores en la Tabla 3.19 y en la Tabla 3.20 la caída de voltaje medida es mínima tanto para la red 1Ø como para la red 3Ø comprobando que la operación del sistema eléctrico es correcta y está dentro de los parámetros de tolerancia que establece la NEC.

Tabla 3.19 Caída de tensión en circuitos de laboratorio red monofásica 1Ø

Circuito	Calibre AWG	Longitud (m)	Corriente (A)	Voltaje In (V)	Voltaje Out (V)	Caída de tensión (%)
Mesa 1	10	10.3	2.1	123.3	123.2	0.08
Mesa 2	10	12.3	2.1	124.9	124.7	0.16
Mesa 3	10	14.1	2.3	124.9	124.5	0.32
Mesa 4	10	15.7	2.2	125.3	125.1	0.16
Mesa 5	10	17.1	2.3	125.1	124.9	0.16
Mesa 6	10	19.1	2.1	124.9	124.5	0.32
Toma de 220V _{AC}	12	11.9	2.1	218.4	218.1	0.14
Toma de 110V _{AC}	12	13.9	2.1	125.1	124.8	0.24
Toma de 110V _{AC}	12	15.9	2.1	125.1	124.6	0.40
Extractor	12	20.8	0.9	124.9	124.5	0.32

Tabla 3.20 Caída de tensión en circuitos de laboratorio red trifásica 3Ø

Circuito	Calibre AWG	Longitud (m)	Corriente (A)	Voltaje In (V)	Voltaje Out (V)	Caída de tensión (%)
Mesa 1	10	10.3	0.46	217.4	216.8	0.27
Mesa 2	10	12.3	0.47	217.5	216.8	0.32
Mesa 3	10	14.1	0.37	217.6	216.7	0.41
Mesa 4	10	15.7	0.38	218.3	217.7	0.27
Mesa 5	10	17.1	0.45	217.6	217.1	0.23

Circuito	Calibre AWG	Longitud (m)	Corriente (A)	Voltaje In (V)	Voltaje Out (V)	Caída de tensión (%)
Mesa 6	10	19.1	0.45	217.4	216.9	0.23

Como se observó en la Tabla 3.19 y en la Tabla 3.20 el porcentaje de caída de tensión no alcanza al 1%; por lo que el sistema se encuentra operando de manera efectiva.

Prueba al sistema de extracción y ventilación de aire

El propósito de esta prueba es verificar que el sistema sea capaz de succionar partículas nocivas de aire que puedan afectar el área y a la vez comprobar que el sistema sea capaz de ventilar el área cuando la temperatura afecte al ambiente de trabajo, como se aprecia en Tabla 3.21 y accediendo a los códigos QR se puede verificar la correcta operación del sistema de extracción de aire.

Tabla 3.21 Prueba de funcionamiento sistema de extracción

Modo Operación	Funciona	No Funciona
Extracción de aire	Ok	
Ventilación de aire	Ok	

3.5 Manual de Uso y Mantenimiento

El objetivo principal del manual de usuario es explicar cómo deberá proceder el estudiante o la persona encargada del laboratorio para energizar las mesas de trabajo desde el tablero principal hasta la activación de cada uno de los módulos; adicionalmente, se explica cómo proceder con la utilización del sistema de extracción, ventilación y su tiempo de espera antes del cambio de función.

Para el mantenimiento de igual manera, se realiza de forma explicativa los pasos a seguir y los elementos requeridos para el mismo.

Se elaboró un video en donde se explica el manual de funcionamiento y de mantenimiento de todo el sistema, la Figura 3.40 muestra el código QR para dirigirse al video de los manuales.

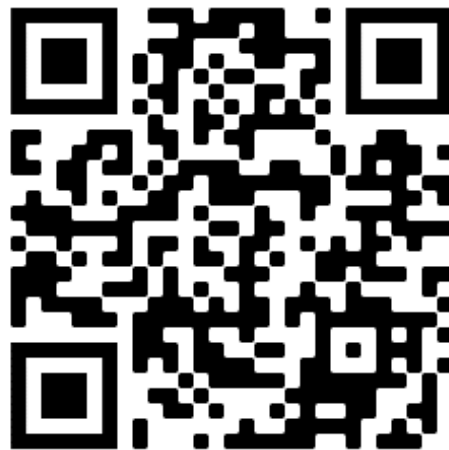


Figura 3.40 QR manual de usuario y manual de mantenimiento

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizaron los diseños y las instalaciones eléctricas tomando en consideración la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo de Instalaciones Eléctricas con lo cual se garantiza un sistema más estable y seguro.
- El sobredimensionamiento realizado fue para alargar la vida útil de cada uno de los conductores considerando el trabajo que van a realizar.
- A mayor calibre de los conductores se reduce significativamente la resistencia eléctrica del cable por lo que la corriente circula sin ningún inconveniente, con lo cual se obtuvo una caída de tensión general menor al 1%.
- El etiquetado y la forma de cómo se instalaron los conductores permitirán a los técnicos la revisión y mantenimiento de los equipos con mayor facilidad y seguridad.
- La instalación de ductos flexibles de aluminio en este proyecto permite reducir las pérdidas de CFM por efecto de accesorios como: codos, T, uniones, reductores, etc.; debido a que estos ductos se adaptan a la forma que se requiera sin la formación de esquinas y reducen significativamente el peso del sistema de extracción de aire lo que resulta conveniente cuando la infraestructura es montada de manera aérea.
- El sistema de ventilación al tener dos funciones; ofrece una gran ventaja al renovar el flujo de aire dentro del laboratorio ya que puede existir algún tipo de gas que se genere por la soldadura durante las clases que se vayan a impartir en el laboratorio.
- El sistema de ventilación es favorable considerando que existe una pandemia y es necesario que el área se mantenga en constante renovación del flujo de aire.
- El sistema de extracción de aire permitirá reducir la humedad del laboratorio, considerando que en el área existen equipos que pueden ser afectados por efecto de corrosión a causa de la humedad que existe en el ambiente.

4.2 Recomendaciones

- Revisar que cada uno de los módulos de las mesas de trabajo se encuentren funcionando adecuadamente antes y después de las prácticas realizadas.
- Se deberá abrir la caja del control del ventilador únicamente para realizar mantenimiento o en caso de que se presente una falla y se debe realizar una revisión de emergencia y reemplazo de elementos dañados.
- Para el sistema de extracción y ventilación; para su uso se debe esperar un tiempo de seguridad para proceder con el cambio de selección ya sea para extracción o ventilación.
- Es de suma importancia realizar la inspección de todo el cableado de las mesas, del sistema de extracción y ventilación del laboratorio, por los menos dos veces al año, para corroborar que los dos sistemas funcionen adecuadamente y así en caso de existir alguna anomalía, sea detectada de manera oportuna y proceder a resolverla lo más pronto posible.
- En caso de requerir el reemplazo de alguno de los elementos del cableado de las mesas y del sistema de extracción y ventilación del laboratorio, se debe desactivar todo y una vez finalizado se debe activar el sistema y realizar pruebas de funcionamiento para corroborar que se encuentre en perfecto estado.
- Para el mantenimiento en el tablero de distribución el técnico deberá portar equipo de protección personal en especial guantes aislados categoría II para evitar posibles descargas eléctricas al momento de la manipulación de los equipos instalados.
- El ventilador al ser un motor necesita un mantenimiento especial, por ende, es sumamente importante verificar su estado por lo menos cada 3 meses, al estar montado en una zona alta es indispensable que el técnico haga el mantenimiento con la ayuda de una escalera y con un arnés de seguridad para evitar accidentes.
- Realizar la limpieza interna y externa de la estructura que da soporte al equipo de ventilación, así también, verificar que los pernos que brindan anclaje al equipo estén con el ajuste adecuado.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, B. E. (2021). *Elaboración de 6 módulos de baja tensión para el laboratorio de instalaciones eléctricas-ESFOT*. Quito: EPN.
- Antonio Bueno, A. (2021). *Simbología Eléctrica*. Obtenido de https://www.academia.edu/42575303/ARCELVEZ_Electrotecnia_Lda_Passos_Nave_8_GUILHADESES_4970_786_Arcos_de_Valdevez
- CABLE, G. (2014). *Cables baja tensión*. Obtenido de <https://www.generalcable.com/latam/ec/productos-y-soluciones/baja-tension>
- HARPER, E. (2005). Caída de Voltaje en conductores. En E. Harper, *El abc de las instalaciones eléctricas Industriales* (pág. 559). México: LIMUSA.
- MIDUVI. (Febrero de 2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- SIERRA, J. C. (2011). *Tutorial ISA S5.1 Y Diagramas P&ID*. Cartagena de Indias Colombia: UTB.
- UTRIA, A. A. (2001). *Diseño y construcción de un sistema de extracción, separación y recolección de polvillo de piedras trituradas para la empresa CORPISOS*. Cartagena de Indias : UTB.
- Vivienda, M. d. (Febrero de 2018). Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo Energía Eléctrica. Obtenido de MIDUVI: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 10 de junio de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del sistema de extracción de aire y cableado de las mesas de trabajo del laboratorio de Instalaciones Eléctricas del aula 33, el cual fue implementado por los estudiantes Diana Guamán y Marlon Rodríguez.

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

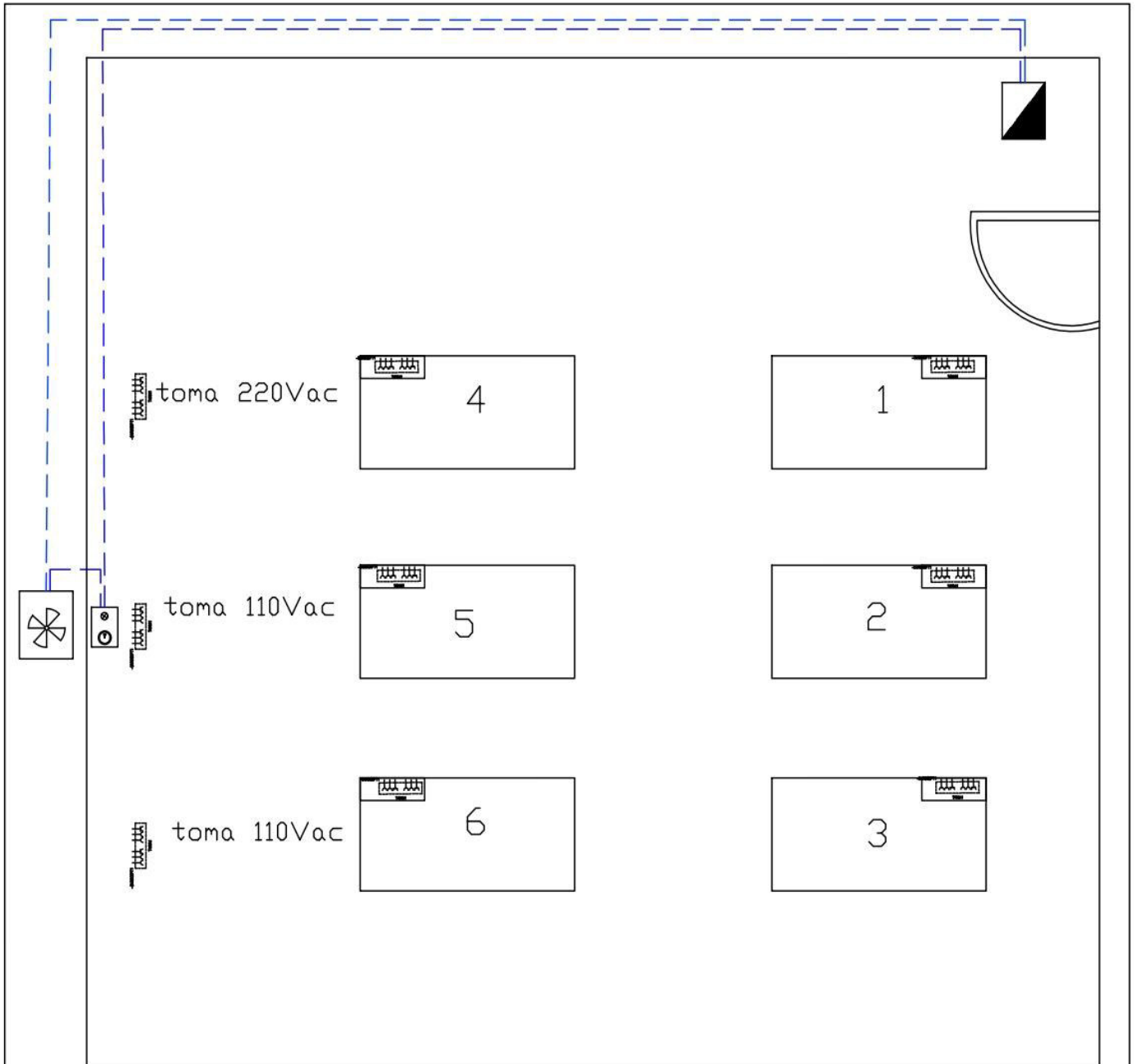
DIRECTOR

Ing. Abraham Ismael Loja Romero., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2729
email: pablo.proano@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

**ANEXO 2: DISEÑO DEL CABLEADO DEL SISTEMA DE
EXTRACCIÓN DE AIRE**



Tablero de distribución



Ventilador

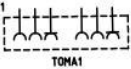


Selector extracción-ventilación



Módulos eléctricos

-04RECEPTI



Tomacorriente

Línea eléctrica a ventilador



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diseño de cableado a ventilador

TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A

MATERIAL: N/A

ESCALA: N/A

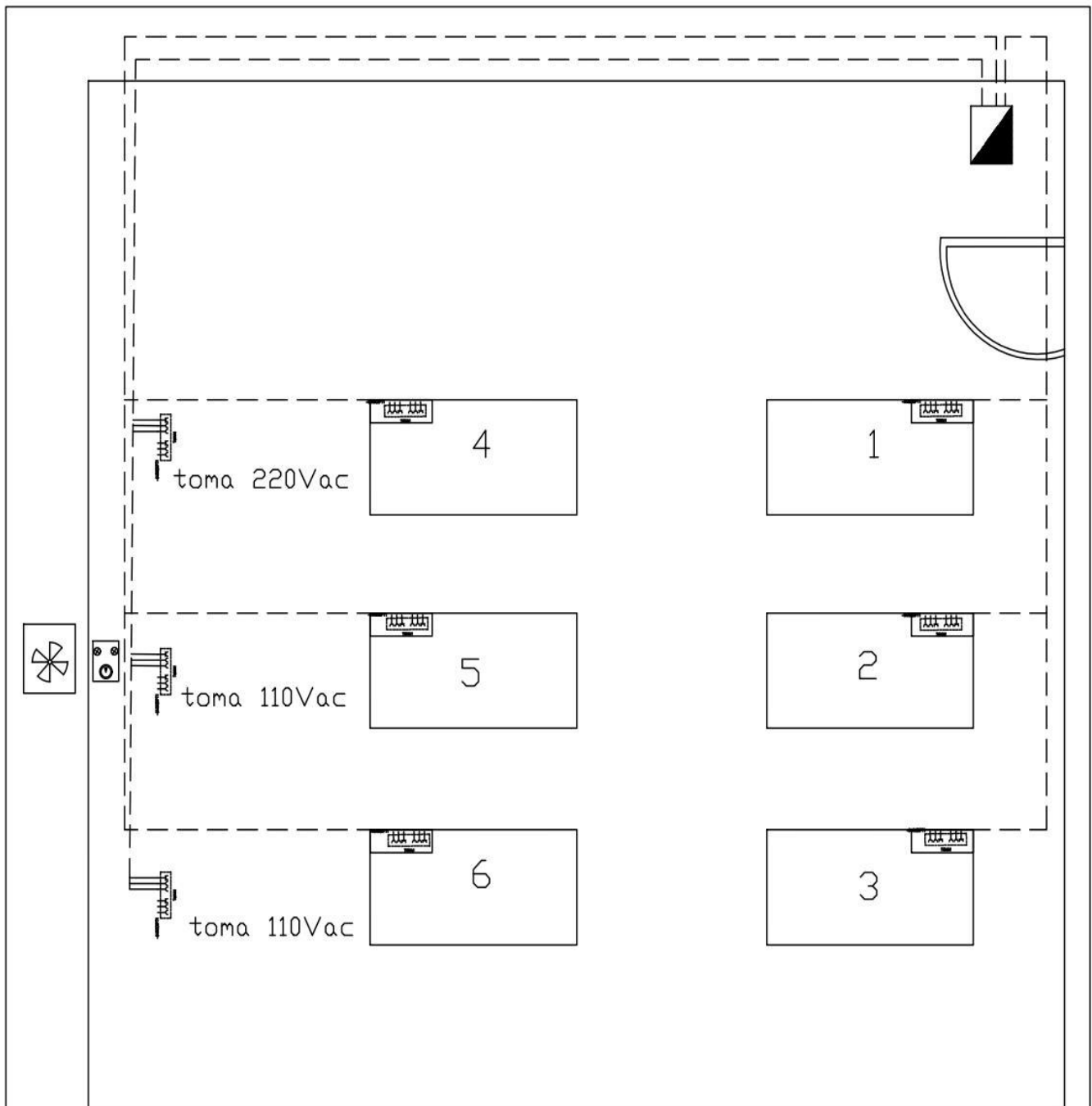
FORMATO: N/A

DISEÑADO POR:
Marlon Rodríguez
Diana Guamán

FECHA: 10/06/2021

LÁMINA: 2

**ANEXO3: DISEÑO DEL CABLEADO A LAS MESAS Y
TOMACORRIENTES AUXILIARES**



Tablero de distribución



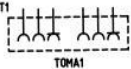
Módulos eléctricos



Selector extracción-ventilación

----- Línea eléctrica a mesas y tomacorrientes

-04RECEPT1

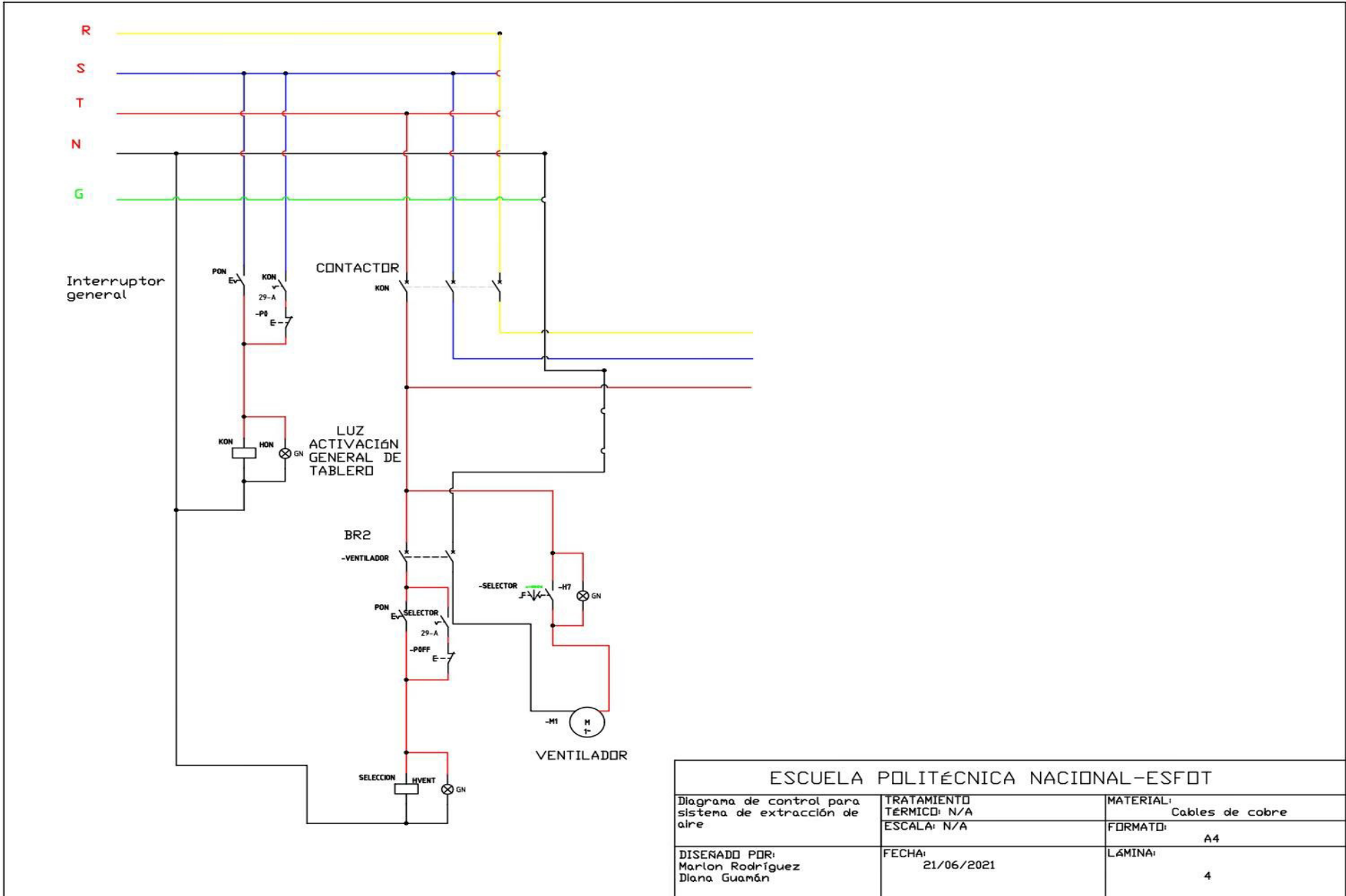


Tomacorriente

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diseño de cableado a módulos eléctricos y tomacorrientes auxiliares	TRATAMIENTO TÉRMICO:	N/A	MATERIAL:	N/A
	ESCALA:	N/A	FORMATO:	N/A
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	FECHA:	10/06/2021	LÁMINA:	3

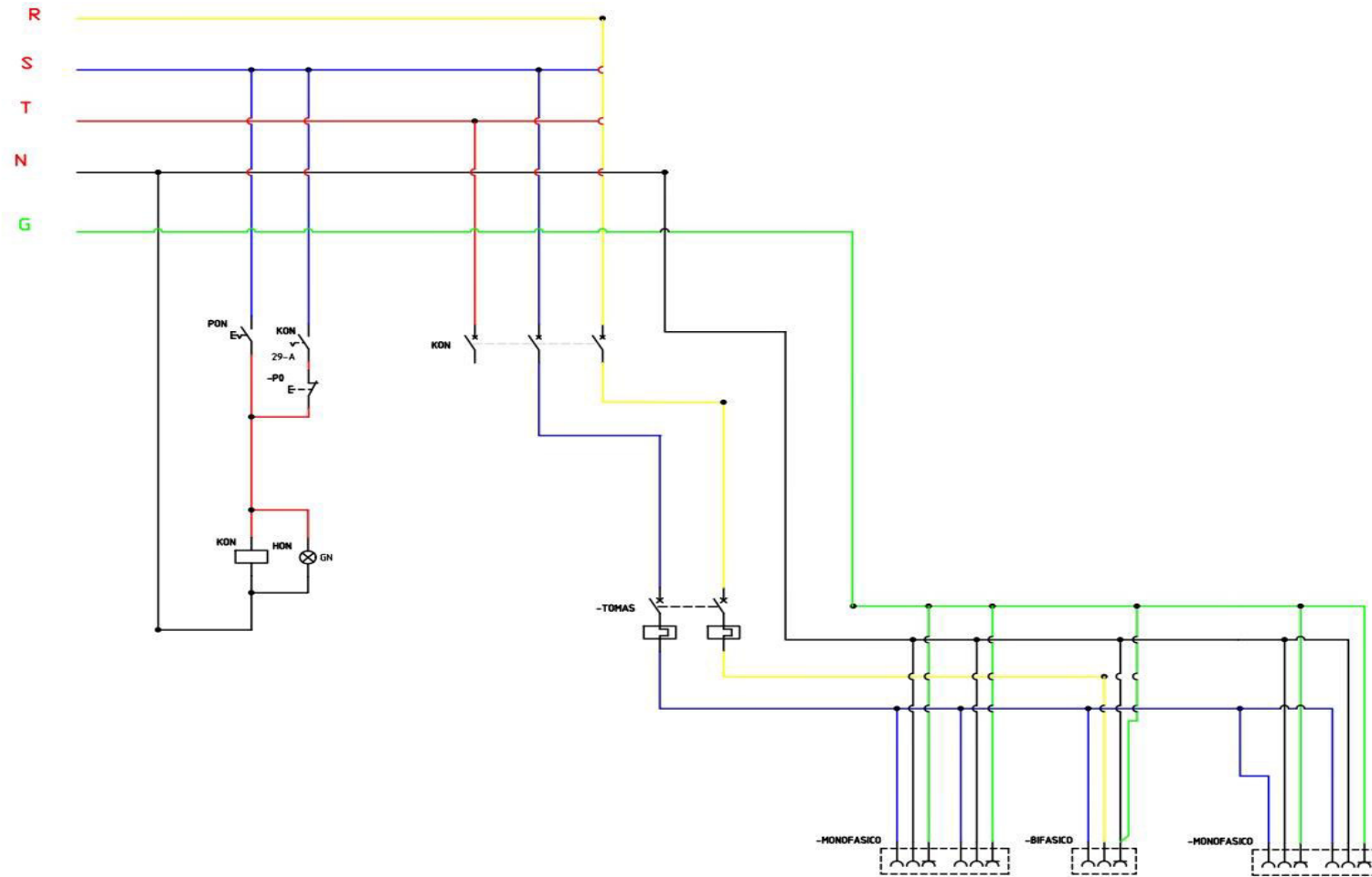
**ANEXO 4: DIAGRAMA DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE
EXTRACCIÓN DE AIRE**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT		
Diagrama de control para sistema de extracción de aire	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A ESCALA: N/A	MATERIAL: Cables de cobre FORMATO: A4
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	FECHA: 21/06/2021	LÁMINA: 4

ANEXO 5: DIAGRAMA DE CONTROL PARA TOMACORRIENTES

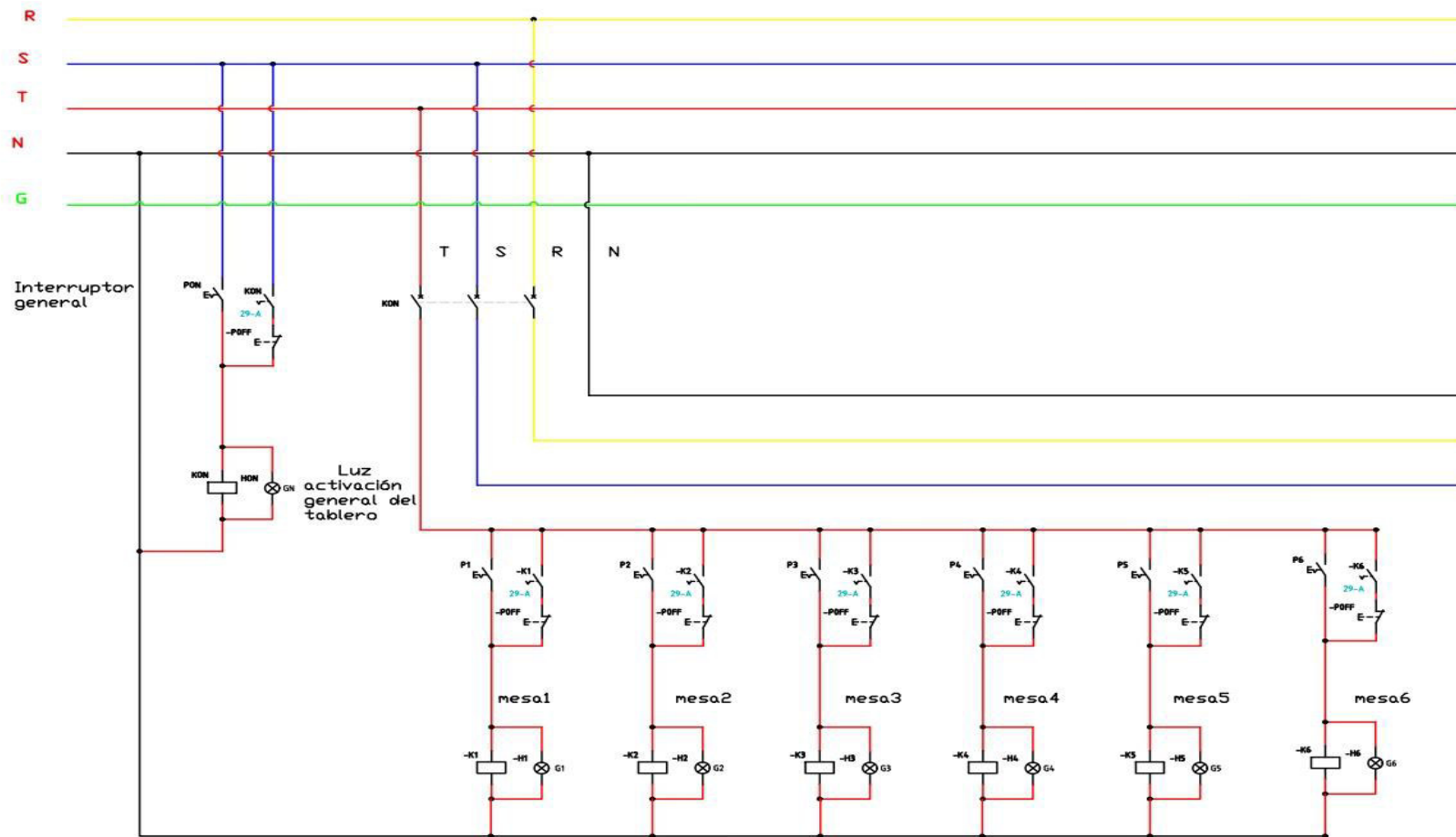
AUXILIARES



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diagrama de control para tomacorrientes auxiliares	TRATAMIENTO TERMICO: N/A ESCALA: N/A	MATERIAL: N/A
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	FECHA: 19/06/2021	FORMATO: A3
		LÁMINA: 5

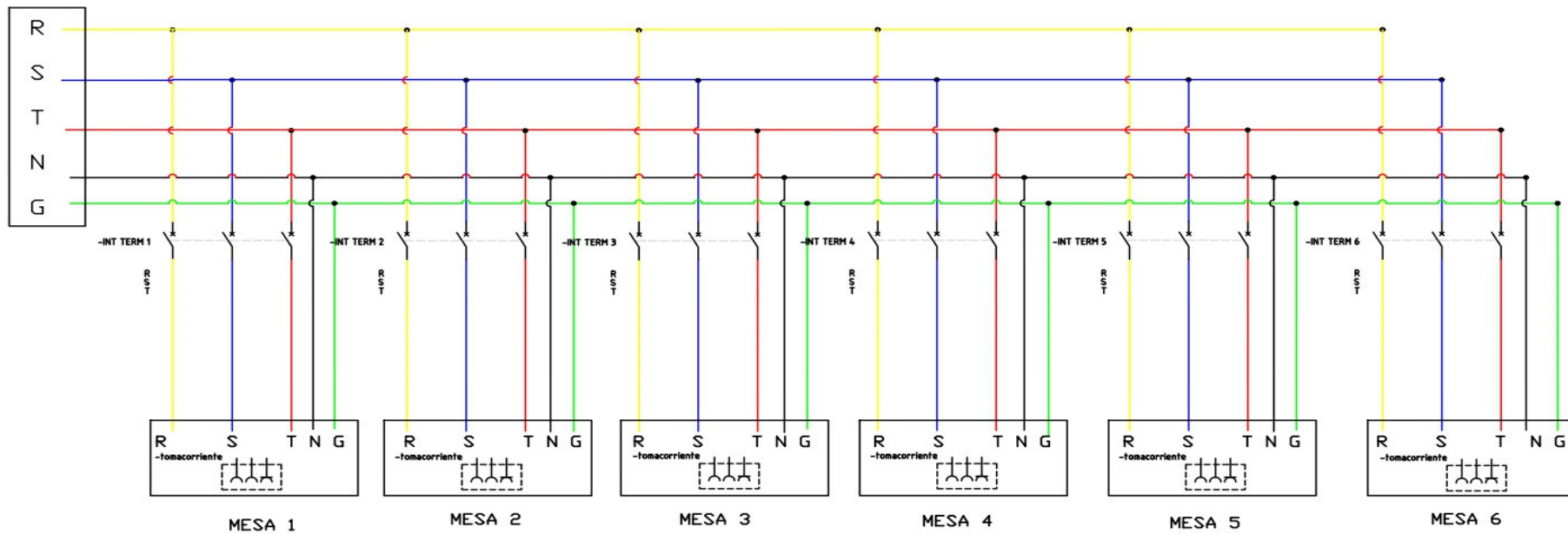
**ANEXO 6: DIAGRAMA DE CONTROL PARA CABLEADO DE LAS
MESAS**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diagrama de control para cableado de los módulos eléctricos	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A ESCALA: N/A	MATERIAL: N/A FORMATO: A3
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	FECHA: 20/06/2021	LÁMINA: 6

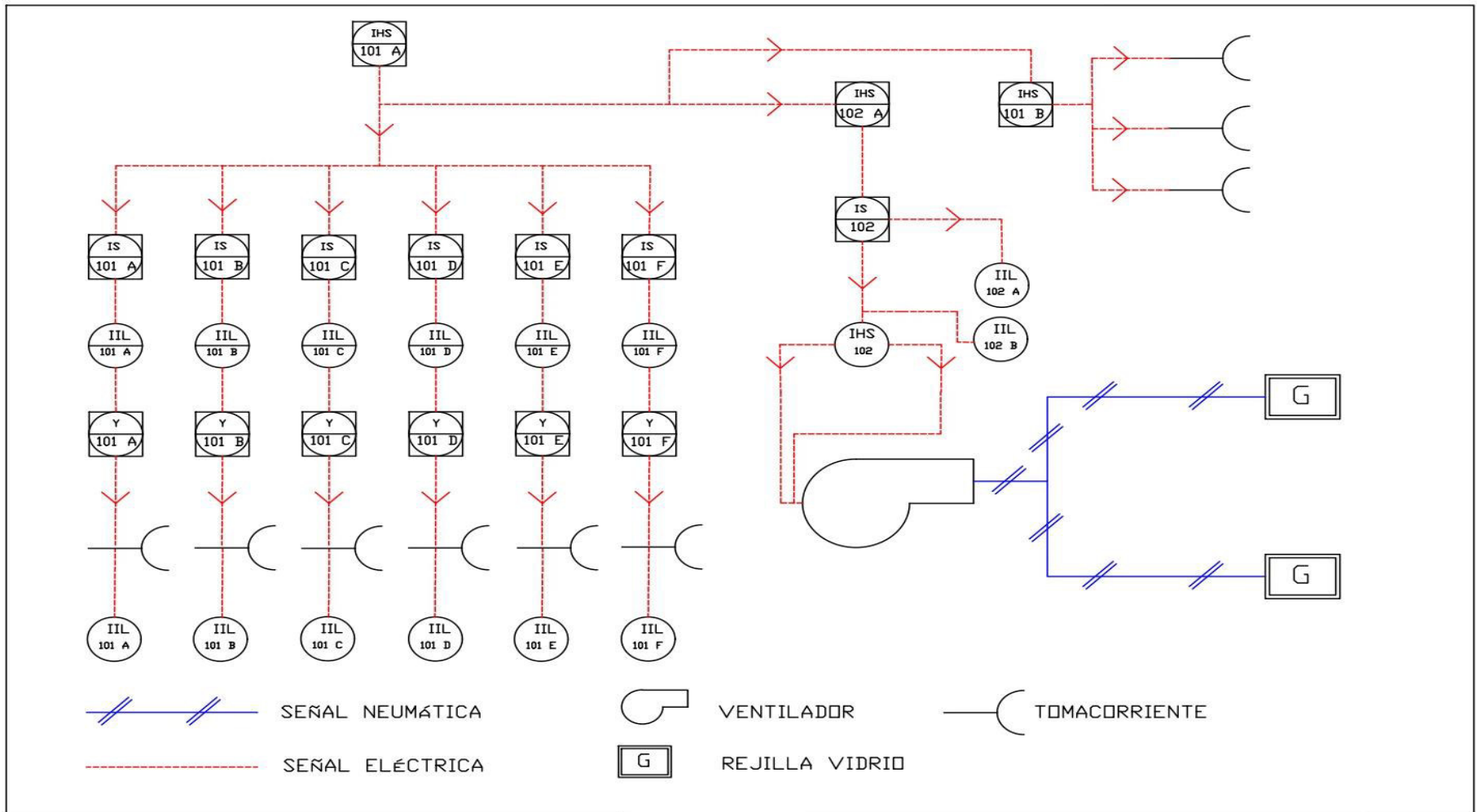
ANEXO 7: DIAGRAMA DE FUERZA PARA CABLEADO DE LAS MESAS



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diagrama de fuerza para cableado de los módulos eléctricos de las mesas de trabajo	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A ESCALA: N/A	MATERIAL: N/A FORMATO: A3
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	FECHA: 20/06/2021	LÁMINA: 7

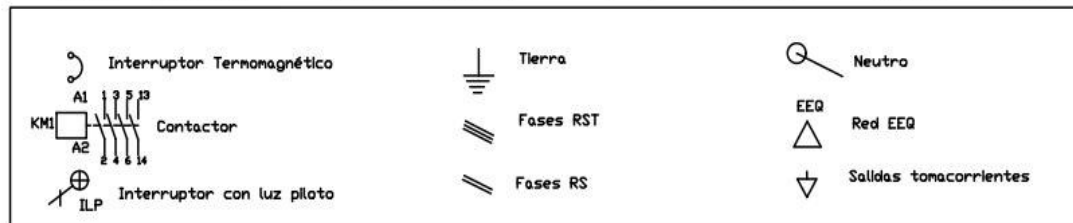
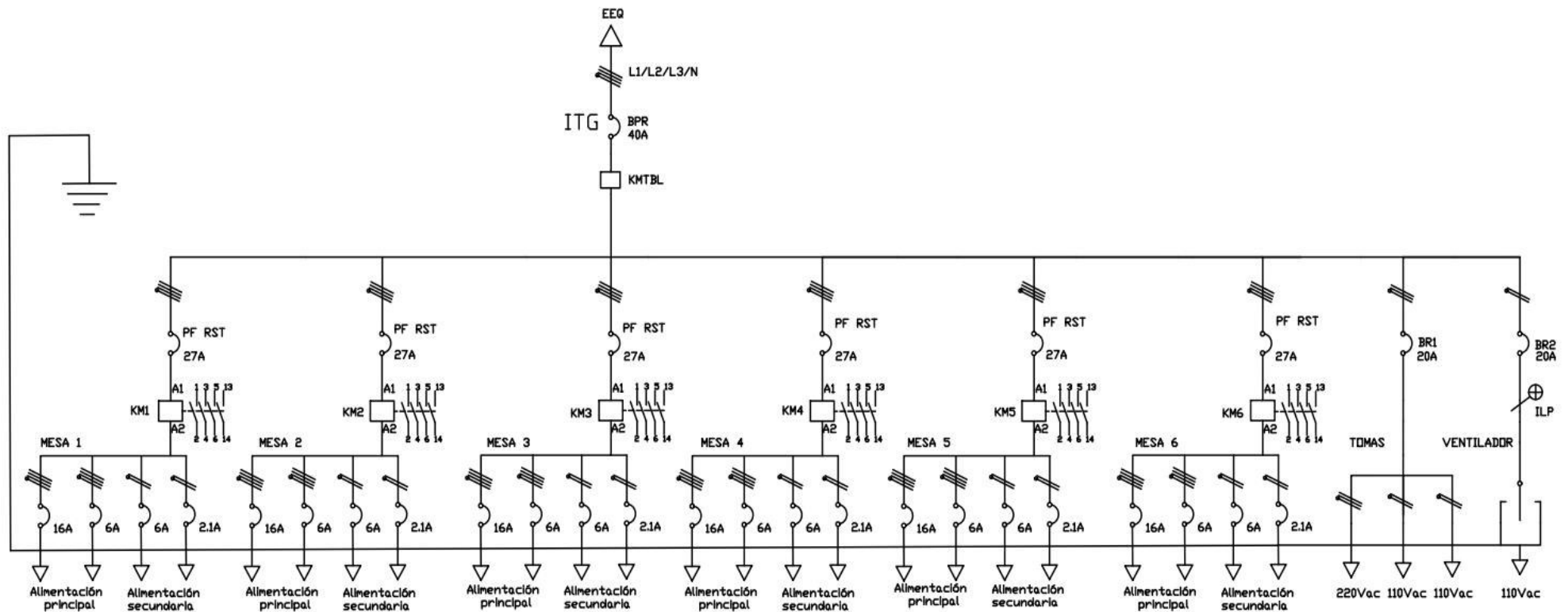
ANEXO 8: DIAGRAMA P&ID DEL SISTEMA IMPLEMENTADO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Diagrama P&ID del sistema implementado	TRATAMIENTO TÉRMICO:	N/A	MATERIAL:	N/A
	ESCALA:	N/A	FORMATO:	A4
DISEÑADO POR: Marlon Rodríguez Diana Guamán	Fecha:	16/06/2021	LÁMINA:	8

ANEXO 9: DIAGRAMA UNIFILAR



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT		
Diagrama unifilar para módulos eléctricos y ventilador	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: Cables de cobre
	ESCALA: N/A	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: Marian Rodríguez Diana Guamán	FECHA: 22/06/2021	LAMINA: 9