



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**TEMA:**

**Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.**

**AUTOR:**

**Celi Sánchez, Edison Jonathan**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO- MECÁNICO**

**TUTOR:**

**Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando Msc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**7 de agosto del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO-MECÁNICO**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Celi Sánchez, Edison Jonathan**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**.

**TUTOR:**

**Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando Msc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

**Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo MSc.**

**Guayaquil, 7 de agosto del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO-MECÁNICO**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Celi Sánchez, Edison Jonathan**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 7 días del mes de agosto del año 2023**

**EL AUTOR**

---

**Celi Sánchez, Edison Jonathan**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO-MECÁNICO**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Celi Sánchez, Edison Jonathan**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 7 días del mes de agosto del año 2023**

**EL AUTOR:**

---

**Celi Sánchez, Edison Jonathan**



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO-MECÁNICO

## CERTIFICADO COMPILATE

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, “Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo” presentado por el estudiante Celi Sanchez Edison Jonathan, de la carrera Ingeniería Eléctrico-Mecánico, donde obtuvo del programa COMPILATE, el valor de **3 %** de coincidencias, considerando ser aprobado por esta dirección.

Certifican,



**TUTOR:**

*Néstor Zamora C.*

**Ing. Zamora Cedeño Néstor Armando, M.Sc.**

## **AGRADECIMIENTO**

En este momento de logro académico, agradezco en primer lugar a Dios que me mantuvo con profunda fe y me dio las fuerzas necesarias para superar todos los obstáculos, deseo también extender mi más sincero agradecimiento a mi tutor, directivos y docentes por su paciencia, conocimiento y experiencia que permitió culminar este trabajo de integración curricular.

...

A mis padres, hermano y hermanas quiero expresarles mi profunda gratitud por su constante aliento, sacrificio y apoyo económico a lo largo de mi educación. Siempre estuvieron para escucharme y animarme en cada paso del camino. Su ejemplo de dedicación y perseverancia han sido mi inspiración. Gracias por siempre creer en mí y por brindarme las oportunidades para seguir adelante.

...

Edison Jonathan Celi Sanchez

## **DEDICATORIA**

Con cariño y gratitud, dedico este trabajo de integración curricular en primer lugar a Dios por ser mi guía espiritual e iluminar mi camino, también a mis padres, Luis y Luzmila quienes siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo incondicional. A mis hermanos, Monica, Luis, Genesis por ser mi fuente de inspiración y compañeros en este viaje. A mis amigos, cuyas risas y ánimos hicieron más ligera esta travesía. A mis profesores, por su paciencia y sabios consejos. A mi universidad, por brindarme la oportunidad de aprender y crecer. A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron, ¡gracias por ser parte de este logro!

Edison Jonathan Celi Sanchez



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICO Y AUTOMATIZACIÓN  
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO MSC.**

DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. UBILLA GONZALEZ RICARDO XAVIER**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. HERAS SANCHEZ MIGUEL ARMANDO, MSC.**

OPONENTE



# ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS .....	XII
INDICE DE FIGURAS .....	XIII
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CAPITULO I .....	2
ASPECTOS GENERALES .....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Antecedentes .....	3
1.3 Planteamiento del Problema .....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Hipótesis .....	5
1.6 Objetivos .....	6
1.6.1 Objetivo General.....	6
1.6.2 Objetivos Específicos.....	6
1.7 Metodología .....	6
CAPITULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Cuarto de transformadores y cuarto de sistema eléctrico .....	7
2.1.1 Normas de Construcción para cuarto de transformadores y cuarto de sistema eléctrico.....	7
2.2 Clases de Servicio.....	12
2.2.1 Alta Tensión.....	12

2.2.2	Media Tensión .....	12
2.2.3	Baja Tensión.....	12
2.3	Transformadores .....	14
2.3.1	Bushing de transformador.....	15
2.3.2	Tipos de conexiones .....	16
2.4	Normas para el Diseño e instalación de Tableros Eléctricos .....	19
2.4.1	Norma ANSI / IEC 60529 (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) 20	
2.4.2	Norma NEMA 250 (National Electrical Manufacturer´s Association) .....	20
2.4.3	Norma UL 50, 50E (Underwriters Laboratories) .....	21
2.5	Normas de Seguridad para Instalaciones Eléctricas.....	21
2.6	Posibles daños en la instalación eléctrica .....	22
2.7	Sistemas de protección .....	23
2.8	Sistema de puesta a tierra.....	24
2.8.1	Tomas de tierra.....	26
CAPITULO III .....		27
APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....		27
3.1	Situación actual de la instalación del cuarto eléctrico de la FETD .....	27
3.1.1	Conexión media tensión .....	27
3.1.2	Banco de transformadores.....	28
3.1.3	División de seguridad.....	29
3.1.4	Tablero de distribución principal .....	30
3.2	Tableros seccionales.....	32

3.2.1	Cajas de breakers en área administrativa de la FETD .....	32
3.2.2	Cajas de breakers en aulas de la FETD.....	34
3.2.3	Laboratorios.....	37
3.3	Mediciones de cargas eléctricas actuales .....	39
3.3.1	Medición de corriente.....	39
3.3.2	Medición de voltaje .....	41
3.4	Propuesta de mejora para el cuarto eléctrico de la FETD .....	43
3.4.1	Plan de mantenimiento preventivo .....	43
3.4.2	Diseño de diagrama unifilar y de fuerza .....	44
3.4.3	Diseño del tablero de distribución principal .....	47
CONCLUSIONES .....		50
RECOMENDACIONES .....		51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Dimensiones del CCTI.....	8
Tabla 2. 2 Tipos de Transformadores.....	14
Tabla 2. 3 Electrodo para tomas de tierra.....	26
Tabla 3. 1 Plan básico de mantenimiento preventivo para transformadores.....	44
Tabla 3. 2 Lista de Elementos para el tablero de distribución principal.....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Cuarto de Transformadores.....	7
Figura 2. 2 Diseño de cuarto de transformadores 750KVA en MT.....	9
Figura 2. 3 Diseño de cuarto para transformadores 150KVA en BT.....	10
Figura 2. 4 Diseño para cuarto de transformadores 150KVA.....	11
Figura 2. 5 Bushing de Porcelana Convencional.....	16
Figura 2. 6 Conexión Estrella – Estrella.....	17
Figura 2. 7 Conexión Estrella – Triángulo.....	18
Figura 2. 8 Conexión Triángulo – Triángulo.....	18
Figura 2. 9 Conexión Triángulo – Estrella.....	19
Figura 2. 10 Sistema de puesta a tierra.....	25
Figura 3. 1 Acometida de media tensión.....	28
Figura 3. 2 Banco de transformadores de 3x100KVA de la FETD.....	29
Figura 3. 3 Cuarto eléctrico de la FETD.....	30
Figura 3. 4 Tablero Principal de Distribución de FETD.....	31
Figura 3. 5 Panel de disyuntores PB1 – 008 Administración.....	32
Figura 3. 6 Panel de disyuntores PB2 – 007 Administración.....	33
Figura 3. 7 Panel de disyuntores PB3 Administración.....	33
Figura 3. 8 Tablero de Distribución Auxiliar.....	34
Figura 3. 9 Panel de disyuntores FT-6.....	35
Figura 3. 10 Panel de disyuntores FT-8.....	35
Figura 3. 11 Panel de disyuntores FT-4.....	36
Figura 3. 12 Panel de disyuntores FT-3.....	36

Figura 3. 13 Laboratorio de Control.....	37
Figura 3. 14 Laboratorio de Lácteos planta baja.....	38
Figura 3. 15 Laboratorio de Cárnicos 1 planta alta .....	38
Figura 3. 16 Laboratorio de Cárnicos 2 planta alta .....	39
Figura 3. 17 Corriente Nominal de la Fase 1 .....	40
Figura 3. 18 Corriente Nominal de la Fase 2 .....	40
Figura 3. 19 Corriente Nominal de la Fase 3 .....	41
Figura 3. 20 Voltaje Nominal $V_a$ .....	42
Figura 3. 21 Voltaje Nominal $V_b$ .....	42
Figura 3. 22 Voltaje Nominal $V_c$ .....	43
Figura 3. 23 Diagrama Unifilar Propuesto.....	45
Figura 3. 24 Diagrama de Fuerza Propuesto.....	46
Figura 3. 25 Bosquejo del Tablero de Distribución Principal Propuesto.....	47
Figura 3. 26 Vista frontal y superior del cuarto de transformadores.....	49

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realiza el estudio del sistema de fuerza, además de una propuesta de mejoramiento del cuarto eléctrico, ubicado en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Partiendo como punto inicial la investigación de las normativas vigentes que determinan los requisitos para la construcción e instalación de un cuarto de transformadores. La instalación eléctrica parte de un diagrama de fuerza, debido a que es una representación gráfica y permite mostrar la distribución y las conexiones de las cargas eléctricas dentro de un sistema. También se mencionan algunos elementos que sirven para proteger el sistema de sobrecargas o sobretensiones. Además, es necesario determinar las cargas eléctricas asociadas a cada componente. Esto implica identificar los cables o conductores eléctricos utilizados y cómo se conectan a cada uno, pero no fue así por la falta de etiquetas en todos los componentes instalados. Es por esta razón que en el presente trabajo se realiza un análisis detallado del cuarto eléctrico a cada uno de sus componentes para verificar si se está cumpliendo con las normativas (NATSIM, 2012) y NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018), en su sistema de baja tensión que se encuentra ubicado junto al laboratorio de telecomunicaciones en la FETD mediante, el cual se establecen las necesidades a cubrir en cada aula de la FETD.

Palabras clave: Instalación, Eléctrica, Diagrama, Conexiones, Normativas, Sistema, Baja tensión, Cuarto eléctrico.

## **ABSTRACT**

In this degree work, a study of the power system is carried out, as well as a proposal for the improvement of the electrical room, located in the Faculty of Technical Education for Development. The starting point is the investigation of the current regulations that determine the requirements for the construction and installation of a transformer room. The electrical installation starts with a power diagram, since it is a graphic representation and allows showing the distribution and connections of the electrical loads within a system. Some elements that serve to protect the system from overloads or surges are also mentioned. In addition, it is necessary to determine the electrical loads associated with each component. This implies identifying the electrical cables or conductors used and how they are connected to each one, but this was not the case due to the lack of labels on all the installed components. It is for this reason that in the present work a detailed analysis of the electrical room is performed to each of its components to verify if it is complying with the regulations (NATSIM, 2012) and NEC (Ecuadorian Construction Standard, 2018), in its low voltage system that is located next to the telecommunications laboratory in the FETD through, which establishes the needs to be covered in each classroom of the FETD.

Keywords: Installation, Electrical, Diagram, Connections, Regulations, System, Low Voltage, Electrical room.



# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Introducción**

En el ámbito de la educación es importante que los edificios donde se imparten las clases teóricas y prácticas, cuenten con toda la infraestructura adecuada para realizar esta actividad, incluyendo las instalaciones eléctricas y que las mismas sean eficientes y seguras.

Por lo que, el cuarto eléctrico de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil) juega un papel crucial para el suministro de energía eléctrica.

El cuarto eléctrico es un espacio destinado a albergar y controlar los sistemas eléctricos que abastecen de energía a los diferentes espacios de la facultad. Un elemento esencial para el correcto funcionamiento de estas instalaciones es el diagrama de fuerza, que representa de manera visual y precisa la distribución de las fuerzas eléctricas presentes en el sistema.

El diagrama de fuerza permite identificar los componentes principales del sistema eléctrico del cuarto, como el transformador, el panel de control, los disyuntores, los interruptores y las conexiones entre ellos. Además, muestra la dirección del flujo de energía y la forma en que se distribuye a través de los diferentes circuitos.

La elaboración de un diagrama de fuerza es una tarea fundamental en el diseño y mantenimiento de las instalaciones eléctricas. Proporciona una representación clara y detallada de la estructura del sistema, lo que facilita la identificación de posibles

fallas, la planificación de modificaciones o mejoras, y la toma de decisiones en caso de emergencias.

En el contexto específico de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG, el diagrama de fuerza del cuarto eléctrico contribuye a garantizar un suministro de energía estable y seguro para las actividades académicas y administrativas. Además, permite a los técnicos y personal encargado de su mantenimiento realizar las labores de manera eficiente, minimizando el riesgo de interrupciones no planificadas y asegurando la continuidad de los servicios eléctricos necesarios en el día a día de la facultad.

En resumen, el diagrama de fuerza en el cuarto eléctrico de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG es una herramienta esencial para asegurar un funcionamiento eficiente, seguro y confiable de las instalaciones eléctricas.

## **1.2 Antecedentes**

¿Qué tan importante es el mantenimiento y control del sistema eléctrico de baja tensión dentro de instituciones educativas y estructuras afines?

Su importancia radica desde su instalación en zona y estructura adecuada, para así poder llevar a cabo un regulado control y mantenimiento y porque no; poder obtener respuestas rápidas ante fallos o desastres naturales.

Debemos partir del hecho que un diagrama de fuerza eléctrico es una representación gráfica que muestra la distribución y las conexiones de las cargas eléctricas dentro de un sistema eléctrico y los previos antecedentes o pasos para

realizar un estudio de un diagrama de fuerza eléctrica generalmente implican los siguientes elementos.

Se ha identificado las fuentes de energía eléctrica del sistema; esto incluye la fuente de alimentación principal, como una red eléctrica externa, generadores eléctricos. Se detallan a continuación todos los componentes eléctricos relevantes en el sistema, como motores, transformadores, interruptores, luces, etc. Además, fue necesario determinar las cargas eléctricas asociadas a cada componente. Esto implica identificar los cables o conductores eléctricos utilizados y cómo se conectan a cada componente.

Se verifica el diagrama que muestra la disposición física de los componentes y las conexiones eléctricas entre ellos, las etiquetas no son visibles para identificar los componentes y las cargas.

(Proaño, 2014) exalumno de la institución expresa en su tesis que “La falta de mantenimiento y la pésima instalación muestran que no se está cumpliendo con las normas que exige el NEC, no existe registro alguno de control de aceite, dieléctrico, aislamiento de las bobinas, pruebas en general, observa un estado peyorativo de los tableros, rasgos de oxidación, circuitos mezclados, etc.”

### **1.3 Planteamiento del Problema**

La corriente alterna es la fuente de alimentación eléctrica para sistemas de baja tensión, ya que se habla de altos voltajes eléctricos que debe cumplir con normativas para su correcto funcionamiento.

¿Por qué se debería hacer un cambio, mejora o mantenimiento al sistema eléctrico de baja tensión de la facultad?

A simple vista se puede detectar que el sistema de fuerza se encuentra en condiciones con poco espacio entre disyuntores y caja de mandos, según normativas eléctricas no son los correctos.

El cableado también es necesario revisar ya que debe estar en óptimas condiciones para que no refleje problemas en su funcionamiento; lo que puede causar corto circuitos.

#### **1.4 Justificación**

Según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en conjunto con CELEC EP, indican las especificaciones técnicas generales del correcto montaje e instalación de tableros eléctricos y conductores eléctricos que se deben usar por normativa para obtener un funcionamiento óptimo, de ello depende la durabilidad y eficiencia.

Es por esta razón que el presente estudio y propuesta de mejoramiento se encarga de hacer un análisis detallado del cuarto eléctrico a cada uno de sus componentes para ver si se está cumpliendo con la normativa antes mencionada, en su sistema de baja tensión que se encuentra ubicado junto al laboratorio de electrónica mediante, el cual se establecen las necesidades a cubrir en cada aula de la facultad.

#### **1.5 Hipótesis**

Con el diseño del sistema eléctrico propuesto en el cuarto eléctrico de la FETD, asegura una entrega eficiente de energía eléctrica de acuerdo a la normativa.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Realizar un estudio al sistema eléctrico de baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, incluyendo los procesos de mantenimiento preventivo para mejorar su eficiencia.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Levantar información de las condiciones actuales de operación y de sus mediciones de cargas eléctricas instaladas correspondientes a la acometida en baja tensión partiendo de la salida del transformador y conductores adecuados de acuerdo a las normativas vigentes del sistema eléctrico.
- Diseñar el sistema eléctrico de baja tensión de la FETD, de acuerdo a la capacidad instalada actual y las normas vigentes.
- Realizar un diagrama unifilar en AutoCAD, en el que se muestren las conexiones desde media hasta baja tensión y su respectiva línea de seguimiento.

## **1.7 Metodología**

En el proceso de metodología de la investigación existen muchos tipos, pero en este caso se enfocará en la metodología de investigación descriptiva observacional ya que se busca hacer un análisis detallado de la instalación y su organización actual, el cual permite realizar mejora en un escenario hipotético, y así, llegar a una conclusión mediante un análisis deductivo del sistema, también es analítica por cuanto se revisa bibliografía actualizada sobre normativas a seguir.

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cuarto de transformadores y cuarto de sistema eléctrico

Se utiliza para albergar conductores de salida, mecanismos de protección y transformadores de distribución. Para la correcta instalación se debe seguir ciertos reglamentos al momento de construir el cuarto destinado para ello, por este motivo se detalla los requisitos que deben cumplir y sus normas pertinentes. En la Figura 2.1 se puede observar el interior de un cuarto de transformadores, se aprecia su visibilidad y ventilación, características importantes a la hora de su construcción.



**Figura 2. 1** Cuarto de Transformadores

**Fuente:** (Buestan et al., 2016)

#### 2.1.1 Normas de Construcción para cuarto de transformadores y cuarto de sistema eléctrico.

Para proceder con la construcción del cuarto de transformadores la demanda total del usuario debe superar los 30kW. Allí se instalará un transformador o banco de transformadores con sus respectivos equipos de protección, dependiendo de las

necesidades de lugar. Al ser lugares de alto riesgo, por seguridad la entrada es restringida, solo personal capacitado puede encargarse del mantenimiento de los transformadores y equipos de protección instalados. (NATSIM, 2012)

El cuarto de sistema eléctrico está dentro de la demanda sugerida anteriormente y allí se instalará el tablero principal eléctrico de distribución.

### 2.1.1.1 Forma Estructural

De acuerdo al (NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018) la infraestructura civil del Cuarto Común de Telecomunicaciones Inferior (CCTI) debe cumplir con las dimensiones que se muestran en la Tabla 2.1 en caso de edificios.

**Tabla 2. 1** Dimensiones del CCTI

NÚMERO DE PISOS	DIMENSIONES DEL CCTI		
	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)
Menor a 4	2.0	1.0	2.3
Entre 4 y 10	2.0	2.0	2.3
Mayor a 10 (o más de 50 abonados)	3.0	2.0	2.3

**Fuente:** (NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018)

El cuarto de transformadores y el cuarto de sistema eléctrico deben cumplir con las siguientes características: sus paredes deben ser de hormigón al igual que sus columnas de hormigón armado. Por motivos de seguridad los cuartos tienen que cumplir con las dimensiones mostradas anteriormente en la Tabla 2.1. Se recomienda la construcción de una base de hormigón con un espesor mínimo de 10 cm sobre el suelo para prevenir la corrosión de los transformadores.

A continuación, se podrá observar en la Figura 2.2, 2.3 y 2.4 los diferentes diseños para los cuartos de transformadores de acuerdo a la capacidad de estos.

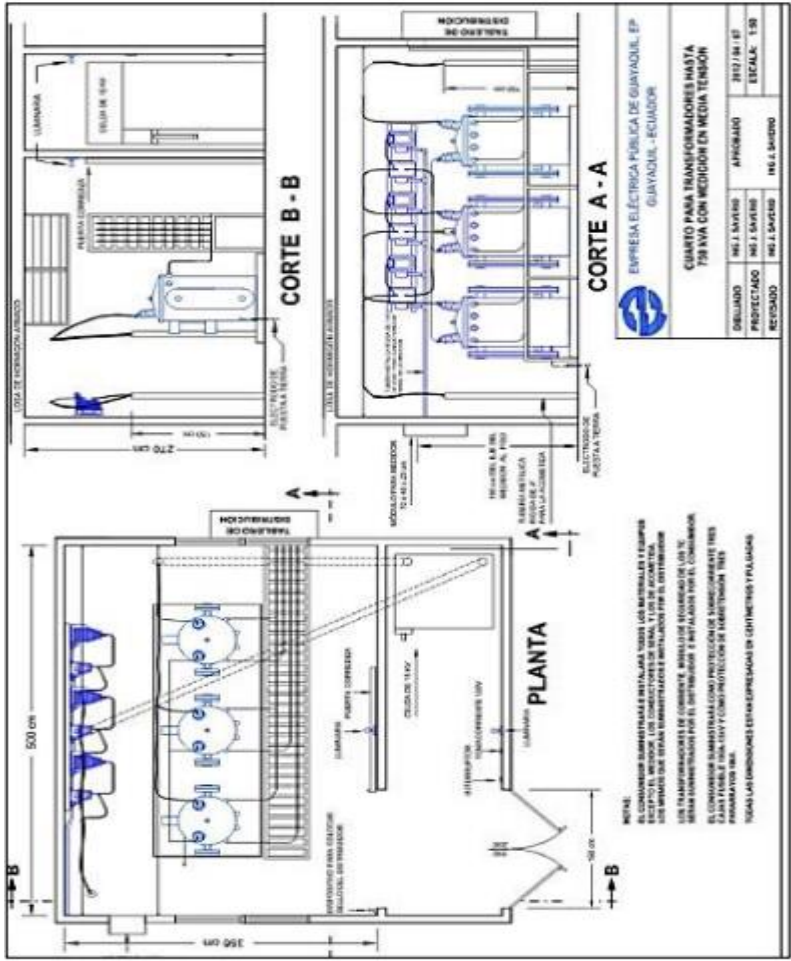
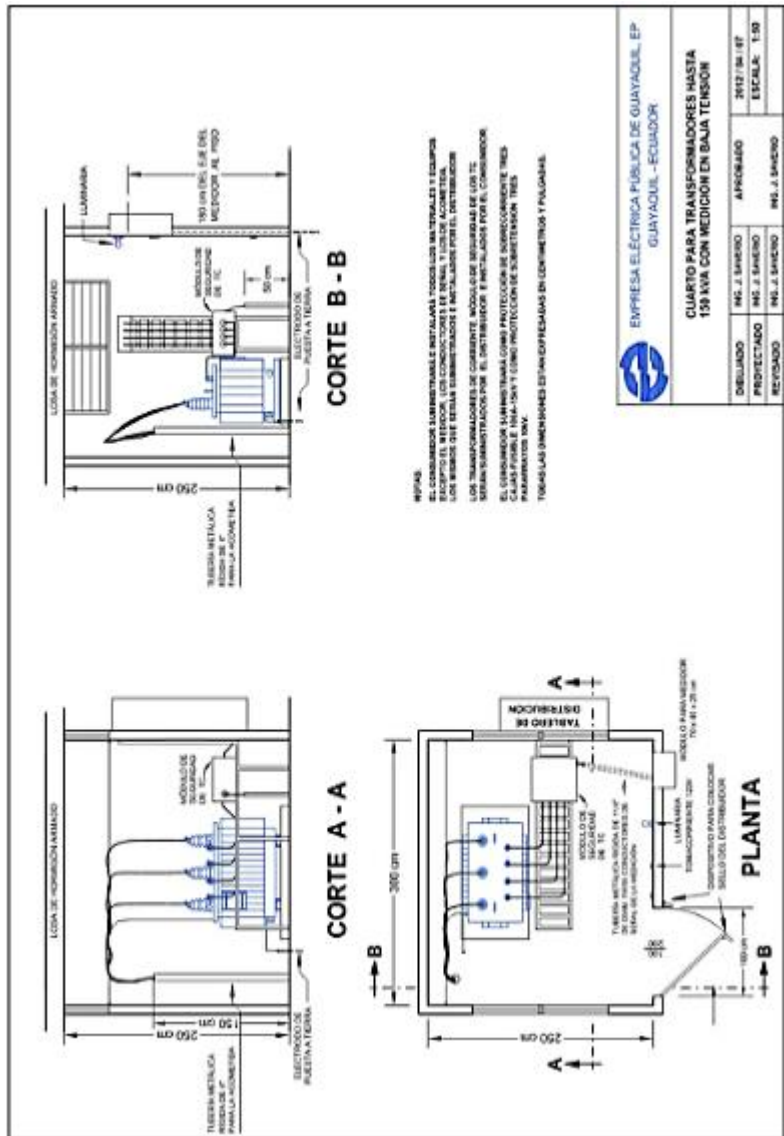


Figura 2. 2 Diseño de cuarto de transformadores 750KVA en MT

Fuente: (NATSIM, 2012)

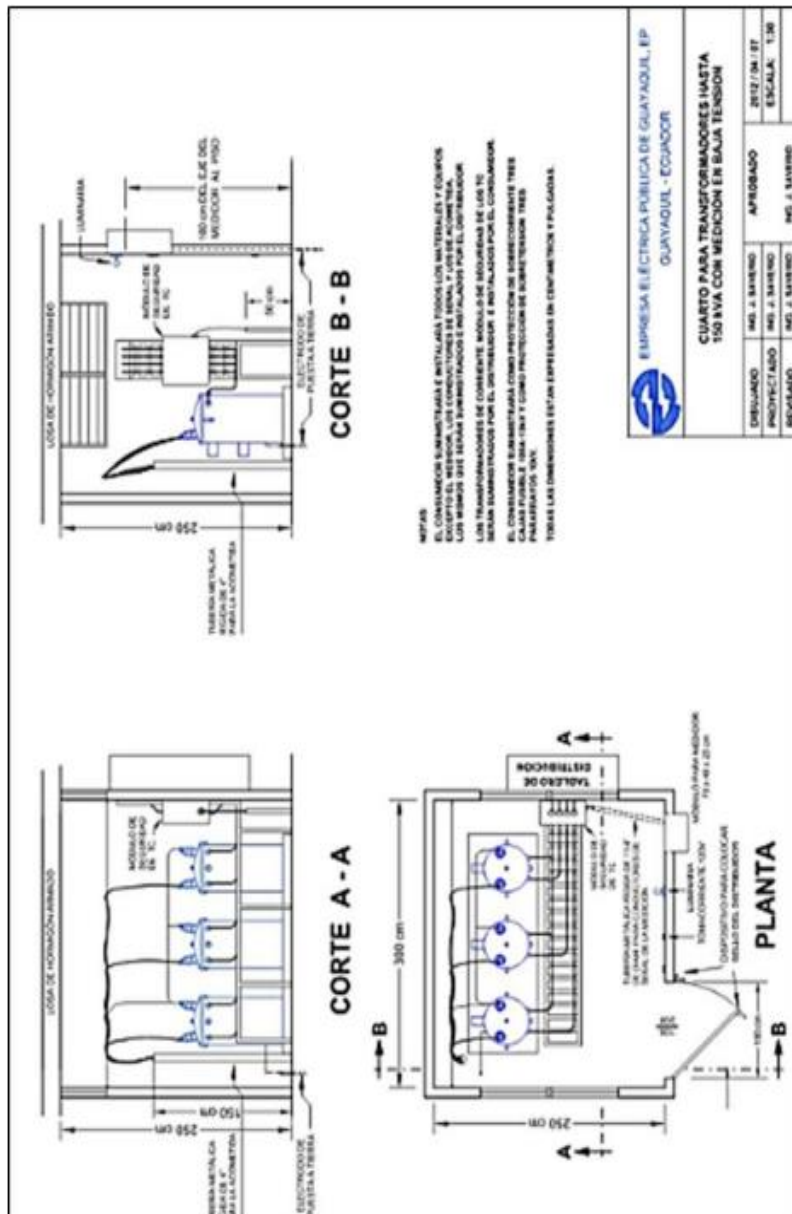




<b>EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL, EP</b> GUAYAQUIL - ECUADOR	
<b>CUARTO PARA TRANSFORMADORES HASTA 150 KVA CON MEDIDOR EN BAJA TENSION</b>	
DESEÑADO	ING. J. SÁNCHEZ
PROYECTADO	ING. J. SÁNCHEZ
REVISADO	ING. J. SÁNCHEZ
APROBADO	ING. J. SÁNCHEZ
FECHA	2012/04/10
ESCALA	1:50

Figura 2. 3 Diseño de cuarto para transformadores 150KVA en BT

Fuente: (NATSIM, 2012)



**Figura 2. 4** Diseño para cuarto de transformadores 150KVA

**Fuente:** (NATSIM, 2012)

La ventilación del cuarto es de suma importancia debido a que la temperatura no puede superar los 40°C, permitiendo disipar el calor producido por los transformadores en funcionamiento.

El orificio de la ventilación debe ubicarse en la parte lateral de las paredes del cuarto a una altura cercana al techo, a las ventanas se les tiene que colocar rejas o

persianas evitando el ingreso de cualquier objeto que pueda caer sobre el transformador o banco de transformadores. (NATSIM, 2012)

## **2.2 Clases de Servicio**

Se suministra mediante corriente alterna de forma monofásica o trifásica, con una frecuencia nominal de 60Hz.

### **2.2.1 Alta Tensión**

Sistema Trifásico a 69,000 voltios.

Se suministra este servicio al momento que la demanda consumida supere los 1000 kW, para ello el usuario debe instalar una subestación de su pertenencia.

### **2.2.2 Media Tensión**

Para poder suministrar el servicio en media tensión el usuario debe cumplir con ciertos parámetros.

- Sistema monofásico de 13.800/3.000 Voltios: Este servicio será suministrado si la demanda supere los 30kW, pero no exceda los 90kW y su capacidad instalada no supere los 100KVA monofásicos.
- Sistema trifásico a 13.800 Voltios: En este caso se suministra si la demanda supera los 30kW, pero es menor a 1.000kW

### **2.2.3 Baja Tensión**

Al igual que en media tensión existen dos tipos de sistemas

- Sistema monofásico: Para 120V / 2 hilos monofásicos, se suministra el servicio para demandas de 3kW. Para 120/240V / 3 hilos monofásicos, en cambio se suministra para demandas de hasta 30kW.
- Sistema trifásico: Para 120/240V / triangulo 4 hilos trifásicos con neutro, se suministra para cargas trifásicas mayores a 4kW, pero menores a 30kW.

### **2.2.3.1 Acometida en BT**

Se considera como la principal fuente de corriente eléctrica, partiendo de los terminales del transformador de baja tensión, llegando al tablero principal de distribución, el cual, debe encontrarse en el cuarto eléctrico de acuerdo a las normas eléctricas.

### **2.2.3.2 Niveles de Distribución**

Para suministrar baja tensión a todas las cargas en instalaciones medianas y grandes, se utilizan frecuentemente tres niveles de distribución. (Freire, 2014)

- Distribución Panel Eléctrico
  - La energía de uno o más transformadores de media/baja tensión conectados a la red de media tensión de la empresa eléctrica se distribuye en este nivel a varios puntos de la instalación, incluyendo el vestíbulo de la fábrica, el área de producción, las instalaciones industriales de salida uniforme, las fábricas y las áreas administrativas y edificios.
  - Cargas concentradas de gran capacidad, como ascensores de edificios de oficinas, enfriadores de agua de procesos industriales o acondicionadores de aire.

- La electricidad se distribuye a lo largo de cada zona utilizando la distribución secundaria.
- Las diferentes cargas son alimentadas por distribución terminal. Dos topologías fundamentales se combinan para formar cada esquema de distribución.
  - Tipología tipo estrella: Distribución centralizada.
  - Tipología tipo bus: Este tipo de distribución se realiza por medio de canalizaciones eléctricas.

### 2.3 Transformadores

Basado en el principio de inducción electromagnética un transformador es una máquina, la cual transfiere energía eléctrica de un circuito a otro sin que su frecuencia varíe en absoluto, este es un reductor o elevador de voltaje, también facilitan su regulación y distribución en largas distancias, manteniendo seguridad y eficiencia en el sistema. (Tecsa, 2019)

Por su forma de transmisión existen tres tipos de transformadores, los cuales según su necesidad se seleccionan y se realiza el montaje. En la Tabla 2.2 se puede observar los tipos de transformadores existentes.

**Tabla 2. 2** Tipos de Transformadores

<b>Transformadores monofásicos</b>	Se caracteriza por tener dos polos (fase y neutro). Posee 2 embobinados, siendo 1 de alta y 1 de baja, permitiendo usarlo en grupos de 2 o 3 transformadores para formar nuevos sistemas, ya sea bifásico o trifásico.
<b>Transformadores bifásicos</b>	Se caracteriza por tener 3 polos (2 fases y 1 neutro). Posee 4 embobinados, siendo 2 de alta y 2 de baja, lo cual los califica para ser mayormente

	usados en instalaciones comerciales u otro tipo de aplicaciones.
<b>Transformadores trifásicos</b>	Se caracteriza por tener 3 fases. Posee 6 embobinados, siendo 6 de alta y 6 de baja, su conexión debe ser estrella o delta o incluso cualquier combinación de ellas.

**Fuente:** (RELSAMEX, 2020)

### 2.3.1 Bushing de transformador

En ingeniería eléctrica, el término bushing se utiliza para representar un aislante eléctrico hueco que nos ayuda a pasar con seguridad un conductor eléctrico a través de una barrera conductora como la caja de un transformador o la caja de un disyuntor sin hacer ninguna conexión eléctrica con él. (Electrical Volt, 2022)

Un bushing típico está hecho de porcelana. Pero, en la práctica, también se pueden utilizar otros materiales aislantes como polímeros, cerámica, vidrio, etc. para el mismo fin.

Los bushing con aislamiento de papel impregnado en aceite se utilizan para conectar las líneas aéreas a los transformadores. Se montan en posición vertical o inclinada con una inclinación máxima de 30° respecto a la vertical.

Las primordiales tendencias actuales en la fabricación de los transformadores, son las tecnologías de aislamiento de bushing secos, combinadas con silicones exteriores de silicio para proporcionar unas condiciones de servicio más seguras.(Carollo et al., 2013)



**Figura 2. 5** Bushing de Porcelana Convencional

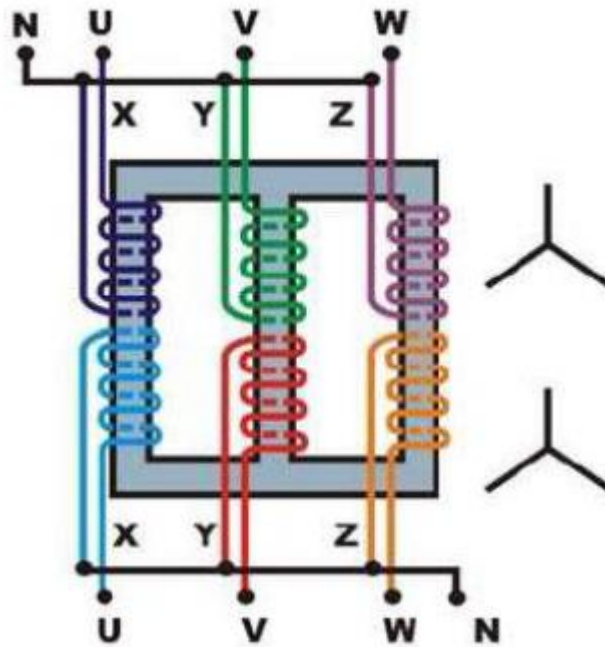
**Fuente:** Francesco Viaro

### 2.3.2 Tipos de conexiones

Según la nomenclatura en las normas se consideran las letras mayúsculas para conocer que se habla de alta tensión y las minúsculas para baja tensión. Existen varios tipos de conexiones en transformadores:

- Estrella – estrella (Yy). – Este tipo de conexión permite tener un sistema equilibrado entre sus cargas. La conexión del neutro se puede utilizar para conseguir dos tensiones como 230/400V aproximadamente, o también puede ser conectado a tierra, siendo considerado como medida de seguridad de acuerdo a la instalación requerida. (Argüelles, s. f., p. 60)

En la Figura 2.6 se puede observar la conexión estrella – estrella.



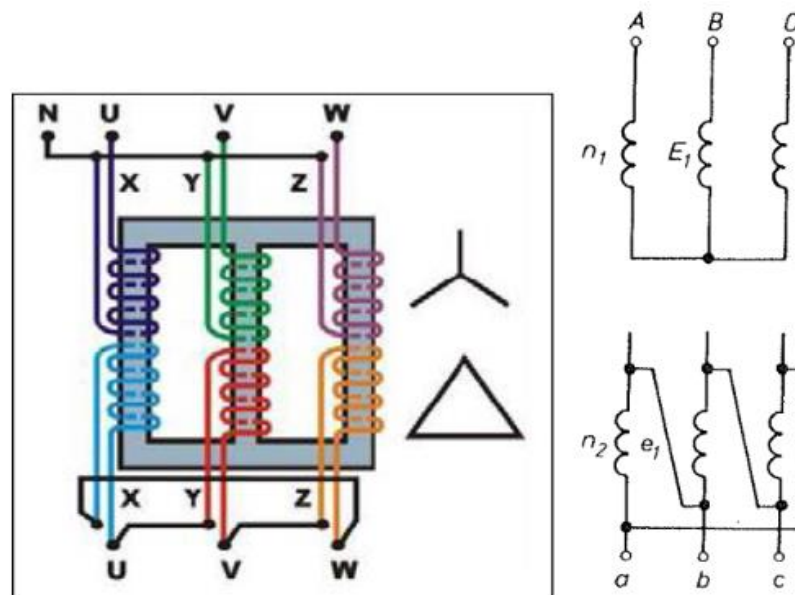
**Figura 2. 6** Conexión Estrella – Estrella

**Fuente:** (Argüelles, s. f., p. 59)

- Estrella – triángulo (Yd). – En este tipo de conexión, el devanado primario está conectado en estrella, mientras que en el devanado secundario su conexión es triángulo. Al no contar con neutro a la salida no puede ser utilizado en redes de distribución y tampoco puede ser conectado a tierra como la conexión mencionada anteriormente. Se utiliza comúnmente para reducir la tensión de arranque de un motor trifásico. (Argüelles, s. f., p. 61)

En la Figura 2.7 se puede apreciar la conexión estrella – triángulo en un transformador.

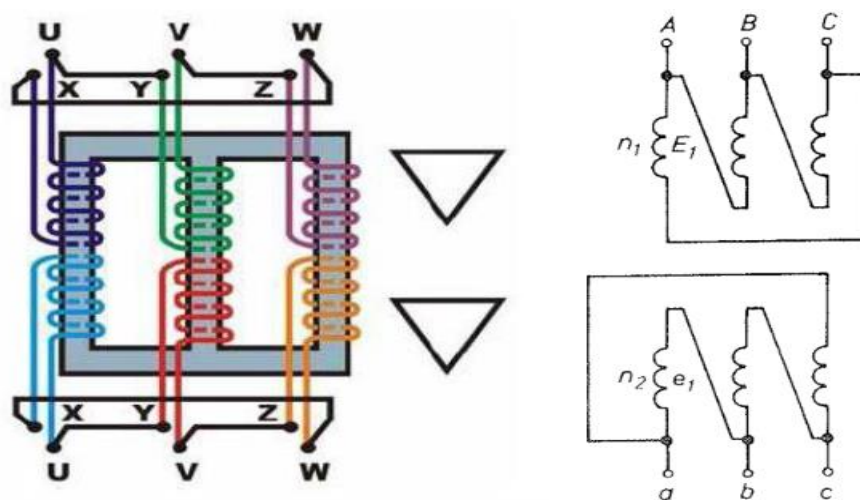




**Figura 2. 7** Conexión Estrella – Triángulo

Fuente: (Argüelles, s. f., p. 60)

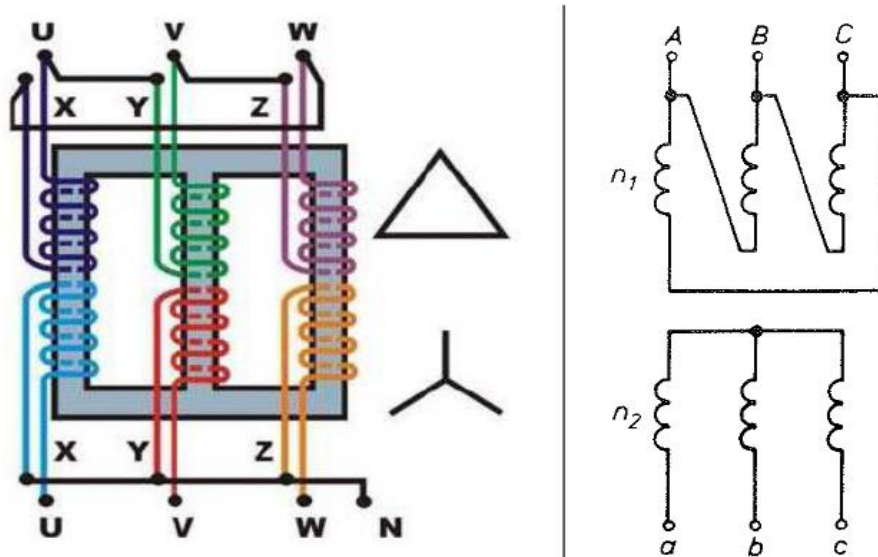
- Triángulo – triángulo (Dd). – Su conexión en ambos devanados es triángulo, no cuenta con neutro a la salida. Al tener este tipo de conexión sus bobinados deben tolerar la tensión de red, aumentando el número de espiras. Para evitar un desequilibrio magnético, las cargas del secundario son distribuidas en partes iguales a las fases del primario. (Argüelles, s. f.) En la Figura 2.8 se observa la conexión triángulo – triángulo.



**Figura 2. 8** Conexión Triángulo – Triángulo

Fuente: (Argüelles, s. f., p. 65)

- Triángulo – estrella (Dy). – La conexión triángulo se encuentra en el primario, mientras que la estrella en el secundario. Se emplea a los transformadores elevadores al inicio de la línea, esto permite que cada fase del devanado primario sea capaz de tolerar la tensión que pasa en las fases de red. En la Figura 2.9 se observa el tipo de conexión.



**Figura 2. 9** Conexión Triangulo – Estrella

Fuente: (Argüelles, s. f., p. 66)

## 2.4 Normas para el Diseño e instalación de Tableros Eléctricos

Es importante tener en cuenta una serie de normativas a la hora de elaborar un tablero eléctrico, esto, permite garantizar el correcto funcionamiento y protección del tablero, así como también, la seguridad del personal encargado de maniobrarlo. Para el diseño del tablero se deben considerar las necesidades específicas y el trabajo que vaya a realizar el tablero. Como son:

- Finalidad o propósito del tablero
- Seguridad eléctrica
- Protecciones y capacidad de aumento para futuras cargas
- Seguridad del personal
- Mantenimiento

También es primordial conocer las partes principales que conforman un tablero eléctrico, por esta razón se detallan a continuación:

- Gabinete. – es una cubierta metálica diseñada para el montaje de circuitos eléctricos.
- Barras. – son de cobre las cuales tienen alta conductividad. Por estas barras es conducida la capacidad nominal de los circuitos.
- Panel de breakers. – es una base hecha de hierro galvanizado sujeta con pernos aislantes.
- Contratapa. - es una plancha generalmente de acrílico que sirve para cubrir las barras de cobre permitiendo aislarlas y evitar cualquier accidente. (Universidad Nacional de La Plata, 2023)

#### **2.4.1 Norma ANSI / IEC 60529 (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)**

De acuerdo con esta norma, es aplicada para clasificar los niveles de protección que suministra los envoltentes a los equipos eléctricos que se encuentran en un tablero, siempre y cuando la tensión nominal no supere los 72.5 kv. El principal objetivo de esta norma es la protección de personal, del acceso a las piezas peligrosas que se encuentran en el interior del tablero eléctrico, o ingreso de objetos, agua, que causen efectos destructivos a los elementos instalados. (ANSI, 2020)

#### **2.4.2 Norma NEMA 250 (National Electrical Manufacturer's Association)**

NEMA 250 analiza la protección de ingreso, similar a IEC 60529. Sin embargo, difiere en que también incluye especificaciones técnicas que describen los requisitos mínimos de diseño, resultados de pruebas, resistencia a la corrosión, etc. A pesar de tener sus raíces en los Estados Unidos, NEMA es una organización mundial que promueve los estándares eléctricos. (HOFFMAN, 2019)

### **2.4.3 Norma UL 50, 50E (Underwriters Laboratories)**

La regla NEMA 250 sirve como base para los estándares UL 50 y 50E. En muchos sentidos, NEMA denota solo propósitos de diseño y no exige el cumplimiento a través de pruebas de terceros y visitas al sitio. A pesar de que los productos se construyen de acuerdo con los estándares NEMA, los fabricantes tienen la última palabra sobre su desempeño. La certificación UL, por otro lado, es una declaración formal de que se han cumplido los requisitos y especificaciones necesarios después del análisis y las pruebas. Básicamente, UL es la única organización que promulga sus estándares a través de pruebas e inspecciones independientes, aunque NEMA también establece estándares. (HOFFMAN, 2019)

## **2.5 Normas de Seguridad para Instalaciones Eléctricas**

- a) Al realizar trabajos eléctricos, existen dos riesgos principales a tener en cuenta:
  - Descarga eléctrica
  - Incendio
- b) Las instalaciones y equipos eléctricos deben construirse y configurarse para evitar el contacto con fuentes de voltaje y para prevenir incendios. Las cargas a las que estarán sujetos los materiales se tienen en cuenta a la hora de elegir los materiales a utilizar.
- c) Tanto la inspección de estos procedimientos como el uso de este equipo deben ser realizados por personal con la formación y experiencia necesarias.
- d) Las áreas de equipos de alto voltaje no se deben usar para pasillos regulares de personal.
- e) Como aislamiento de los cables se utiliza caucho, asbesto, cambray, etc. Los núcleos deben estar protegidos para evitar contactos involuntarios.
- f) Se prefiere la colocación de cables dentro de conductos para evitar daños.

- g) Normalmente, los fusibles de alto voltaje se encuentran dentro de los enchufes eléctricos o paneles eléctricos y se apagan mediante disyuntores. El interruptor está ubicado en un lugar claramente visible donde se puede apagar el fusible.
- h) Un tablero de distribución controla los motores individuales. Para evitar accidentes, las partes conectadas a la energía de alto voltaje deben estar blindadas y protegidas. El suelo que lo rodea debe estar aislado y los elementos conectados a una fuente de alta tensión deben tener una pantalla aislante que permita repararlos o ajustarlos sin tocarlos.
- i) El circuito de cada componente del panel debe ser fácilmente ajustable y accesible. (Luna, 2023)
- j) Se debe colocar una etiqueta con la información de identificación correcta con el voltaje en el exterior de la puerta del TDP. El tablero debe tener un diagrama eléctrico fácil de entender en el interior que muestre todas sus partes para el mantenimiento y la resolución de problemas, así como también cada elemento debe estar etiquetado. (Guanoluisa, 2019)

## **2.6 Posibles daños en la instalación eléctrica**

En los circuitos eléctricos suelen presentarse diversos daños por diferentes causas, por ello hay que saber cuáles son y el tipo de protección que se va a instalar. (Freire, 2014)

- a) Cortocircuito. – Es una conexión intencionada o no intencionada entre dos puntos de un circuito que tiene una diferencia de potencial. En menos de 5 segundos, estos errores se deben corregir. Los sistemas de protección aplicables son:
  - Fusibles
  - Interruptores electromagnéticos
  - Seccionadores

- b) Sobreintensidad. – Dado que esta corriente excede la corriente nominal, eventualmente puede resultar en una sobrecarga o cortocircuito. La corriente que aumenta por encima de la corriente nominal se denomina sobrecarga. Los sistemas de protección aplicables son:
- Fusibles
  - Interruptores electromagnéticos
  - Interruptores magnetotérmicos
- c) Contacto directo. – Es la interacción entre las personas y los componentes funcionales de la instalación. Los sistemas de protección aplicables son:
- Aislamiento de los componentes funcionales de la instalación.
  - Establecer una distancia de seguridad entre las personas y los circuitos eléctricos instalados.
- d) Contacto indirecto. - La protección de contacto indirecto más común es la protección que conecta el equipo de corriente residual a tierra. Sirve de protección en el caso de las máquinas eléctricas, donde las personas frecuentemente entran en contacto con masas energizadas incidentalmente. (Freire, 2014)
- e) Perturbaciones
- Sobretensiones. – Tensión superior a la máxima que puede existir entre dos puntos de una instalación eléctrica. Para evitar los picos de tensión se utilizan relés térmicos.
  - Subtensiones. – Voltaje es menor que el voltaje de funcionamiento nominal del circuito. (Freire, 2014)

## **2.7 Sistemas de protección**

Para la seguridad en las instalaciones eléctricas es primordial contar con un sistema de protección, a continuación, se detallarán algunos equipos de protección.

- a) Fusible. – En el caso de que por ellos circule una corriente muy elevada, son dispositivos contruidos para cortar automáticamente el circuito. El fusible es un componente de un circuito eléctrico que se derretirá si su fuerza excede la fuerza para la que fue diseñado. También incluye una carcasa o material de soporte, cuenta con una lámina o cable que fusiona e interrumpe el circuito. (Freire, 2014)
- b) Relé térmico. – Detección de dispositivo de protección de corrientes inadmisibles. Se necesita otro elemento para realizar la desconexión del receptor, por lo que esto solo no puede resolver el problema. Para mostrar que un relé térmico se ha disparado debido a una sobrecorriente inaceptable al cerrar un circuito, las luces de señalización se utilizan con frecuencia. (Freire, 2014)
- c) Interruptor diferencial. – Detecta y corrige defectos de aislamiento con un dispositivo de protección. Para proteger este dispositivo de sobrecorrientes y cortocircuitos, una instalación eléctrica debe colocar delante un interruptor termomagnético.

En la operación de este dispositivo en situaciones normales, la corriente está contenida en el receptor. Sin embargo, si se produce el aislamiento, se produce el desequilibrio entre la línea de entrada y el brote; El cambio actual no será igual. (Freire, 2014)

- d) Seccionador. – Un elemento de la red eléctrica o parte del mismo puede aislarse del resto de la red mediante un dispositivo mecánico de conexión y desconexión que permite cambiar las conexiones del circuito. Antes de usar el disyuntor se desconecta la alimentación del circuito. (Freire, 2014)

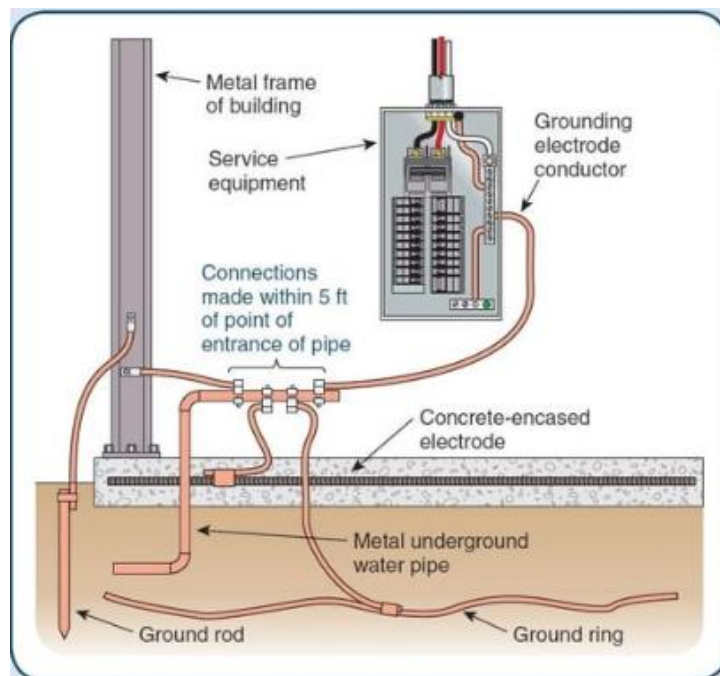
## **2.8 Sistema de puesta a tierra**

Si bien es imposible prevenir la caída de rayos, es posible reducir la probabilidad de que tengan un impacto en una instalación eléctrica, haciéndola más segura para las personas, así como para la infraestructura y los equipos que utilizan.

Sobre la base de una adecuada puesta a tierra, las instalaciones eléctricas estarán protegidas. (PROELÉCTRICA, 2023)

El sistema de puesta a tierra realiza esencialmente dos tareas: crea una conexión equipotencial (voltaje de referencia) y asegura que, en caso de falla a tierra, todas las corrientes de falla regresen a la fuente de la misma manera controlada.

En algún punto del sistema eléctrico, el cable de tierra debe unirse al cable neutro como se observa en la Figura 2.9. Se debe asegurar de que todas las redes estén interconectadas para garantizar el equipotencial en sistemas eléctricos con múltiples redes de tierra. (PROELÉCTRICA, 2023)



**Figura 2. 10** Sistema de puesta a tierra

**Fuente:** (PROELÉCTRICA, 2023)



### 2.8.1 Tomas de tierra

Los conductores de cobre que se utilicen como electrodos deben cumplir los requisitos de construcción y resistencia de la UNE 21.022 clase 2. En la Tabla 2.3 se encuentran los tipos de electrodos que se utilizan para una toma de tierra.

**Tabla 2. 3** Electrodos para tomas de tierra

<b>Electrodos</b>	Barra
	Tubos
	Platinas
	Conductores desnudos
	Placas
	Anillos
	Mallas metálicas
	Armaduras de hormigón enterradas

**Fuente:** (Ministerio de Industria, 2023)

Para evitar que la resistencia del electrodo de tierra supere el valor calculado, se debe elegir cuidadosamente el tipo y la profundidad de la conexión a tierra. Esto incluye considerar la posibilidad de pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo y otras influencias climáticas. (Ministerio de Industria, 2023)

## **CAPITULO III**

### **APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Situación actual de la instalación del cuarto eléctrico de la FETD**

Actualmente en el cuarto eléctrico se realizan mediciones tanto de voltaje nominal como de la carga nominal, y también se observa el estado físico del tablero y sus breakers.

##### **3.1.1 Conexión media tensión**

Para mencionar una instalación en baja tensión se debe tomar en cuenta de donde proviene la energía, entonces, la energía que alimenta al cuarto del sistema eléctrico de baja tensión proviene del poste que queda adyacente a la pared derecha de la estructura del cuarto eléctrico, el cual, su acometida parte del poste de media tensión por un tubo rígido de 4", pasando por una caja de registro de 80x80x80 cm, llegando al bushing primario del banco de transformadores de 3x100 KVA. Cumpliendo con las respectivas normas de instalación, designado por la empresa eléctrica CNEL, en la Figura 3.1 se observa la acometida en media tensión.



**Figura 3. 1** Acometida de media tensión

**Fuente:** Autor

### **3.1.2 Banco de transformadores**

Se encuentra dentro del cuarto, el banco de transformadores conformado por 3 transformadores monofásicos, con una conexión estrella – estrella con neutro aterrizado, esto; permite un equilibrio en cada una de sus cargas. A la salida del banco de transformadores pasa por un transformador de corriente, que es instalado por la empresa eléctrica CNEL, llegando al tablero principal de distribución, como se observa en la Figura 3.2.



**Figura 3. 2** Banco de transformadores de 3x100KVA de la FETD

**Fuente:** Autor

### **3.1.3 División de seguridad**

La única división entre el tablero y el banco de transformadores es una malla metálica con una puerta de acceso que aproximadamente cuenta con 1 metro de distancia entre ellos, la cual se asegura únicamente con un picaporte; Dicha división no cumple con las medidas de seguridad y construcción que se debe tomar en cuanto a instalaciones eléctricas reglamentadas por el NEC, del otro lado de la malla hay un letrero de seguridad indicando “PELIGRO ALTA TENSIÓN”. En la Figura 3.3 se observa el cuarto eléctrico de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

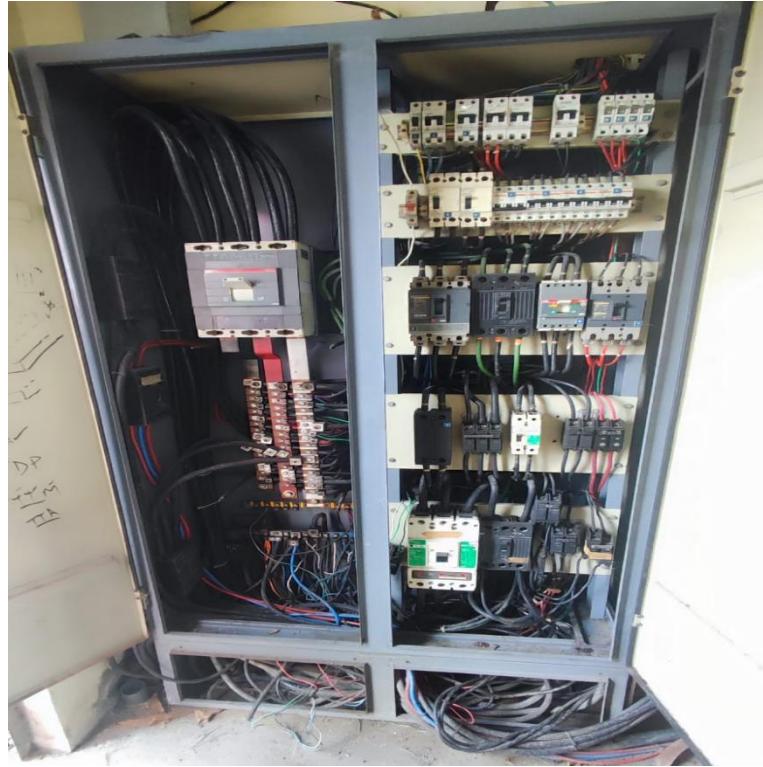


**Figura 3. 3** Cuarto eléctrico de la FETD

**Fuente:** Autor

### **3.1.4 Tablero de distribución principal**

Consecutivamente se encuentra el tablero principal de distribución que a simple vista se nota una de sus falencias por tener cables al descubierto, los cuales están expuestos a dañados por roedores. En la Figura 3.4 se puede observar la parte interna del TDP. En la parte superior izquierda se encuentra el breaker principal alimentado por los cables que vienen del banco de transformadores, en la salida del breaker se puede observar tres barras de cobre que se encargan de la distribución a cada breaker del lado derecho. En la parte inferior izquierda de forma horizontal hay dos barras de cobre, la primera es la que se encarga de la conexión a tierra y la segunda de la conexión en neutro.



**Figura 3. 4** Tablero Principal de Distribución de FETD

**Fuente:** Autor

Los problemas encontrados en esta área son los siguientes:

- La estructura que recubre el tablero, no es recomendable que los cables ingresen por la parte superior porque puede haber filtración de agua causando corrosión o en el peor de los casos un cortocircuito en el sistema.
- Por falta de espacio se han añadido 3 breakers al costado izquierdo pegados a la pared de la estructura, esto indica que el tablero está quedando pequeño para todos los elementos que deben estar instalados y alineados correctamente. Además;
- No existe identificación alguna que muestre a que área alimenta cada breaker. Por último, pero no menos importante se observa el desorden de los cables, y cables que no se encuentran conectados los cuales en momento de emergencia causan confusión.

### 3.2 Tableros seccionales

A continuación, se detallan algunos de los tableros que alimentan las áreas que conforman la FETD.

#### 3.2.1 Cajas de breakers en área administrativa de la FETD

En esta área se encuentran los siguientes paneles de disyuntores detallados a continuación:

PB1 – 008 y PB2 – 007 estos paneles cuentan con 24 espacios para disyuntores de los cuales solo están señalizados 12 en el primero y 5 en el segundo, se observa que la señalética optada por los técnicos no es la óptima porque este tipo de cinta tiene una vida útil poco extensa y se desprende luego de un periodo de tiempo largo en uso. Véase en las Figuras 3.5; 3.6; 3.7.



**Figura 3. 5** Panel de disyuntores PB1 – 008 Administración

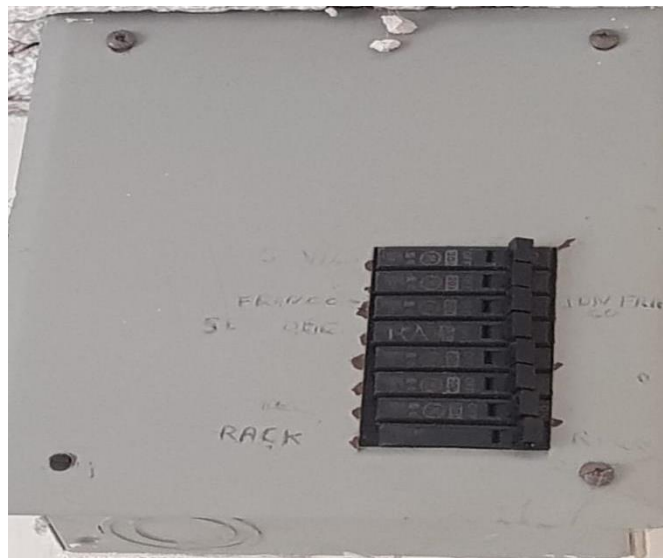
**Fuente:** Autor



**Figura 3. 6** Panel de disyuntores PB2 – 007 Administración

**Fuente:** Autor

El panel PB3 cuenta con 8 disyuntores, los técnicos optaron por escribir en la lata, pero aquí se borra con el paso del tiempo lo escrito o si no se borra es porque se rasgó la pintura al escribir y está prácticamente tatuado esta maniobra puede causar oxidación en la lata y deterioro prematuro.



**Figura 3. 7** Panel de disyuntores PB3 Administración

**Fuente:** Autor



### 3.2.2 Cajas de breakers en aulas de la FETD

En el proceso de investigación se encuentra la novedad que el tablero está cerrado por seguridad, ya que no se está maniobrando correctamente por personal autorizado y se encuentra con una conexión directa por falta de breaker principal. Este panel alimenta de energía a las aulas el cual se observa en la Figura 3.8.



**Figura 3. 8** Tablero de Distribución Auxiliar

**Fuente:** Autor

Como se observa en las figuras de la 3.9 a la 3.12, están varias fallencias, entre las que están:

Etiquetado, ósea no cuenta con una buena señalización en la cual se pueda determinar a qué área pertenece cada breaker.

Aula FT-3, la caja de los breakers no cuenta con protección metálica, dejando expuestos los cables, algunos de ellos ya se ven invadidos por la corrosión del metal y desgaste por el paso del tiempo de uso.



**Figura 3. 9** Panel de disyuntores FT-6

**Fuente:** Autor



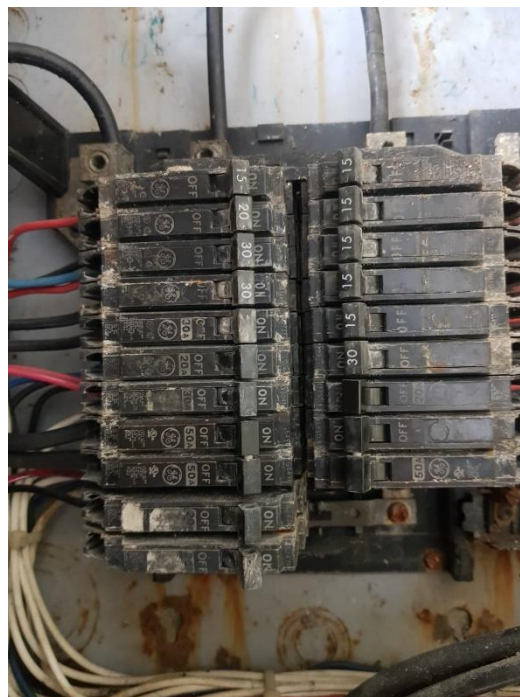
**Figura 3. 10** Panel de disyuntores FT-8

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 11** Panel de disyuntores FT-4

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 12** Panel de disyuntores FT-3

**Fuente:** Autor

### 3.2.3 Laboratorios

Los laboratorios son parte importante de la FETD ya que este sistema eléctrico alimenta sus máquinas de refrigeración y otros equipos utilizados para la formación académica de los estudiantes.

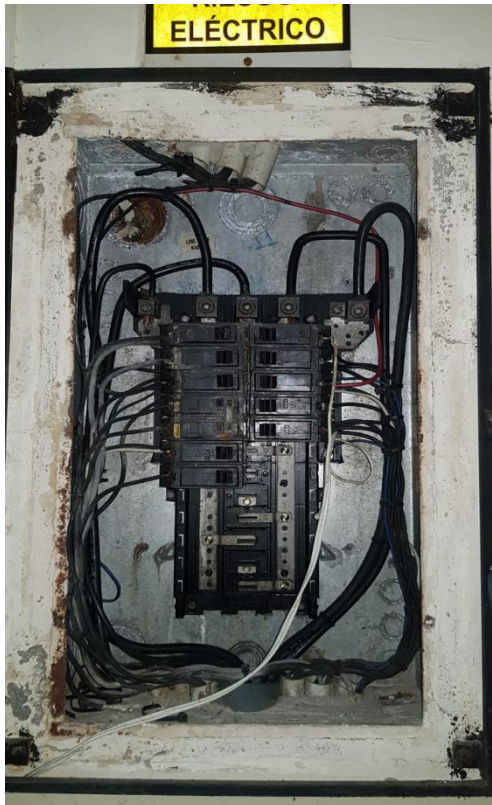
Se encuentran los siguientes: laboratorio de control, laboratorio de lácteos y laboratorio de cárnicos.

No se encuentran etiquetados o su etiquetado se encuentra desgastado por el paso del tiempo y manipulación, uno de ellos no cuenta con protección metálica y esta exposición lo deja vulnerable a daños del ambiente o animales, su notoria corrosión indica que ese material ha cumplido su tiempo de vida útil, en las Figuras 3.13; 3.14; 3.15; 3.16 se podrá visualizar con mayor claridad lo expuesto en estas líneas.



**Figura 3. 13** Laboratorio de Control

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 14** Laboratorio de Lácteos planta baja

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 15** Laboratorio de Cárnicos 1 planta alta

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 16** Laboratorio de Cárnicos 2 planta alta

**Fuente:** Autor

### **3.3 Mediciones de cargas eléctricas actuales**

#### **3.3.1 Medición de corriente**

En las figuras 3.17; 3.18; 3.19 se observa las mediciones de las cargas trifásicas, tomadas de las salidas de cada uno de los transformadores, las cuales reflejan una fluctuación desnivelada de las cargas en sus fases, las cuales son:

- $I_{f1} = 194.1 \text{ A}$
- $I_{f2} = 81.9 \text{ A}$
- $I_{f3} = 213.9 \text{ A}$ .



**Figura 3. 17** Corriente Nominal de la Fase 1

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 18** Corriente Nominal de la Fase 2

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 19** Corriente Nominal de la Fase 3

**Fuente:** Autor

### **3.3.2 Medición de voltaje**

El voltaje nominal entre fase y neutro encontrados en cada uno de los transformadores reflejan estabilidad dentro de sus rangos de fluctuación, se muestran en las Figuras 3.20; 3.21; 3.22.

El voltaje nominal es el siguiente:

- $V_a = 126.7 \text{ V}$
- $V_b = 128.1 \text{ V}$
- $V_c = 126.7 \text{ V}$





**Figura 3. 20** Voltaje Nominal  $V_a$

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 21** Voltaje Nominal  $V_b$

**Fuente:** Autor



**Figura 3. 22** Voltaje Nominal  $V_c$

**Fuente:** Autor

### **3.4 Propuesta de mejora para el cuarto eléctrico de la FETD**

#### **3.4.1 Plan de mantenimiento preventivo**

Debido a la falta de registros de mantenimiento del cuarto, como punto principal de mejoramiento se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo, puesto que, ha estado funcionando sin problema alguno. A continuación, se describen los pasos a seguir para el correcto mantenimiento en el banco de transformadores.

- Desconexión de voltaje de alta y baja tensión, dejando al transformador fuera de servicio.
- Revisar estado físico del transformador, como pintura, aisladores.
- Limpieza de pasatapas.
- Realizar pruebas de aislamiento entre núcleos
- Pruebas al aceite dieléctrico.

Al final del mantenimiento se reconecta el transformador para dejarlo en funcionamiento. Los mantenimientos se realizan mínimo una vez al año. En la Tabla 3.1 se muestra el plan de mantenimiento a realizar dependiendo del periodo de tiempo.

**Tabla 3. 1** Plan básico de mantenimiento preventivo para transformadores

<b>TIEMPO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
Diario	Control de corrientes y voltajes de carga. Control de temperatura en aceite y devanados.
Semanal	Control del nivel de aceite dieléctrico en cada tanque.
Mensual	Inspección general de cada transformador.
Trimestral	Revisión de fuga de aceite. Realizar pruebas al aceite dieléctrico.
Semestral	Realizar pruebas al aceite dieléctrico. Inspección visual de cada tanque, verificar el estado de pararrayos, pasatapas. Revisión de la conexión de puesta a tierra.

**Fuente:** Autor

En caso del tablero principal su mantenimiento es más sencillo, se debe desconectar la alimentación del tablero, luego se realiza un reajuste de todos los elementos como breakers y barras de neutro y tierra.

### **3.4.2 Diseño de diagrama unifilar y de fuerza**

Se observa en la Figura 3.23 un diagrama unifilar el cual muestra, que parte desde la red de media tensión 13.8kv donde se indica el calibre de los conductores tanto en media (Tríplex #2 AWG) como en baja tensión (3 x 2#300 MCM) y también sus respectivas protecciones instaladas en el tablero principal.

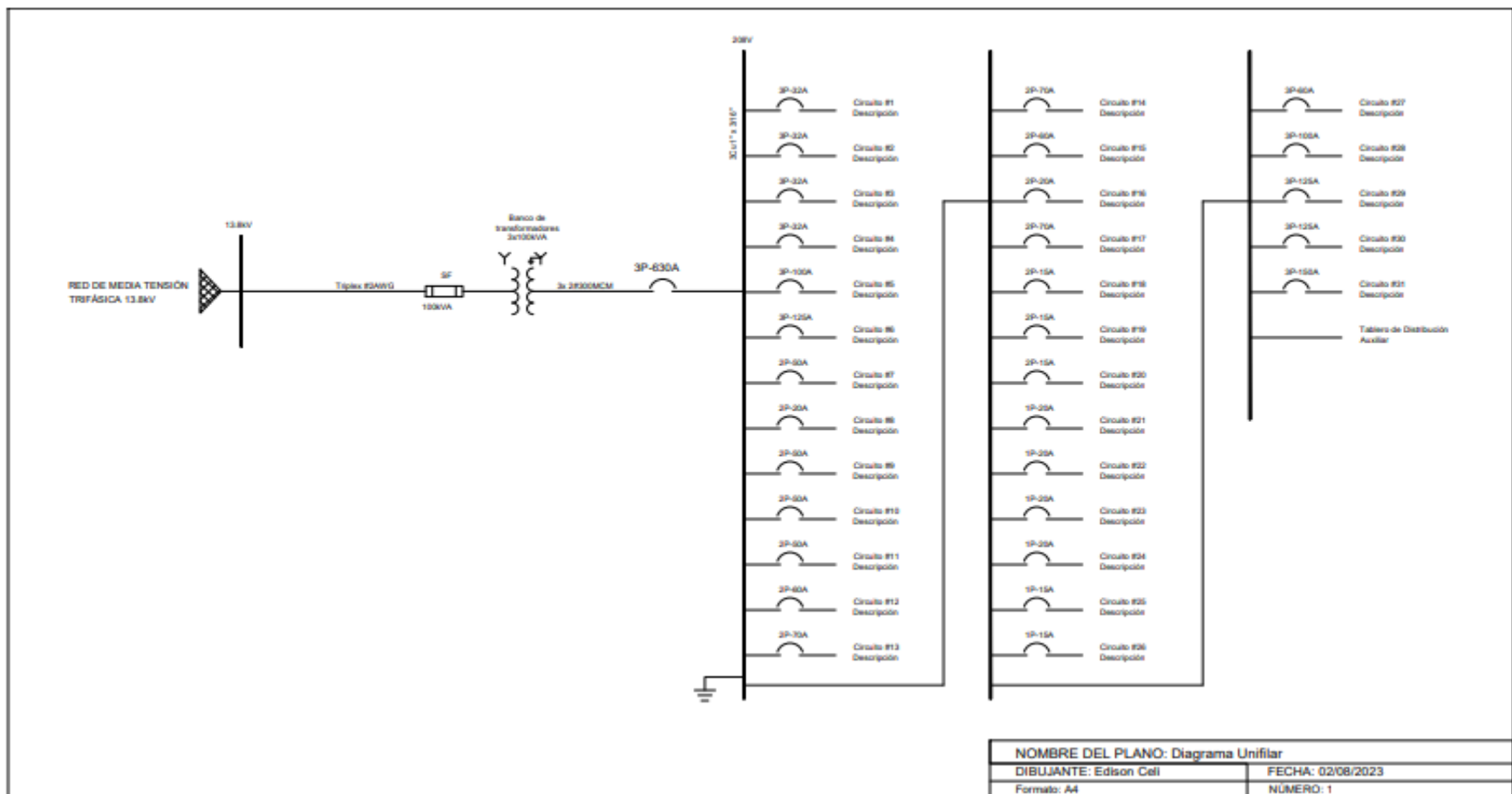


Figura 3. 23 Diagrama Unifilar Propuesto

Fuente: Autor

Se observa en la Figura 3.24 un diagrama de fuerza el cual muestra las respectivas conexiones según sus fases, que estas parten desde la red de media tensión hacia la conexión de baja tensión por medio del banco de transformadores mostrando una conexión estrella – estrella, llegando al tablero principal quien distribuye a cada uno de los respectivos paneles de la facultad.

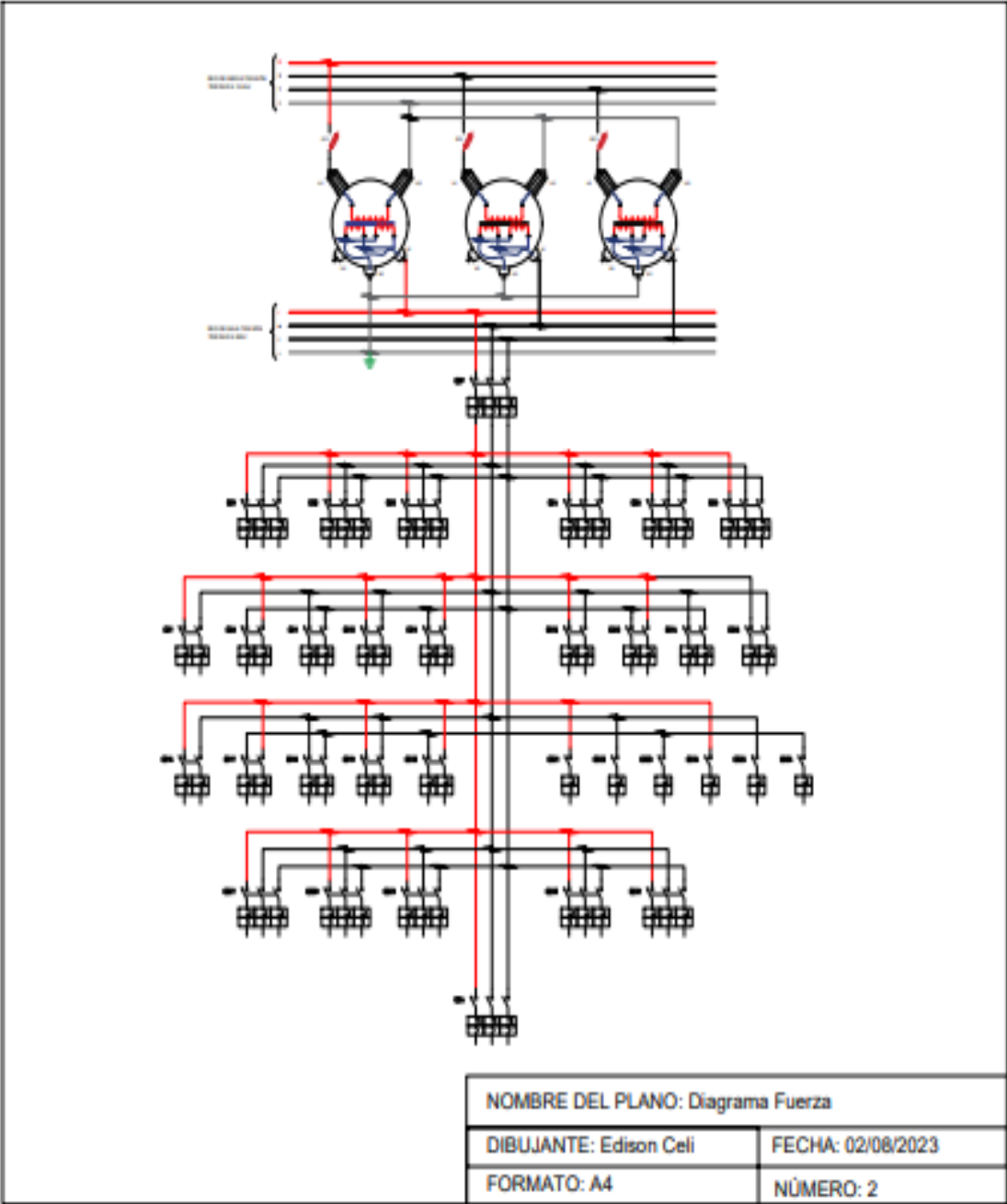


Figura 3. 24 Diagrama de Fuerza Propuesto

Fuente: Autor

### 3.4.3 Diseño del tablero de distribución principal

De lo antes mencionado se desprende la propuesta del nuevo tablero de distribución principal el cual aumenta en dimensiones y es completamente reorganizado y se lo puede ver en la Figura 3.25, siendo sus dimensiones 2000x800x400 mm; entonces se determina que acorde a su modificación y su respectivo etiquetado se maneja de una manera óptima sin temor a causar un fallo humano o negligencia.

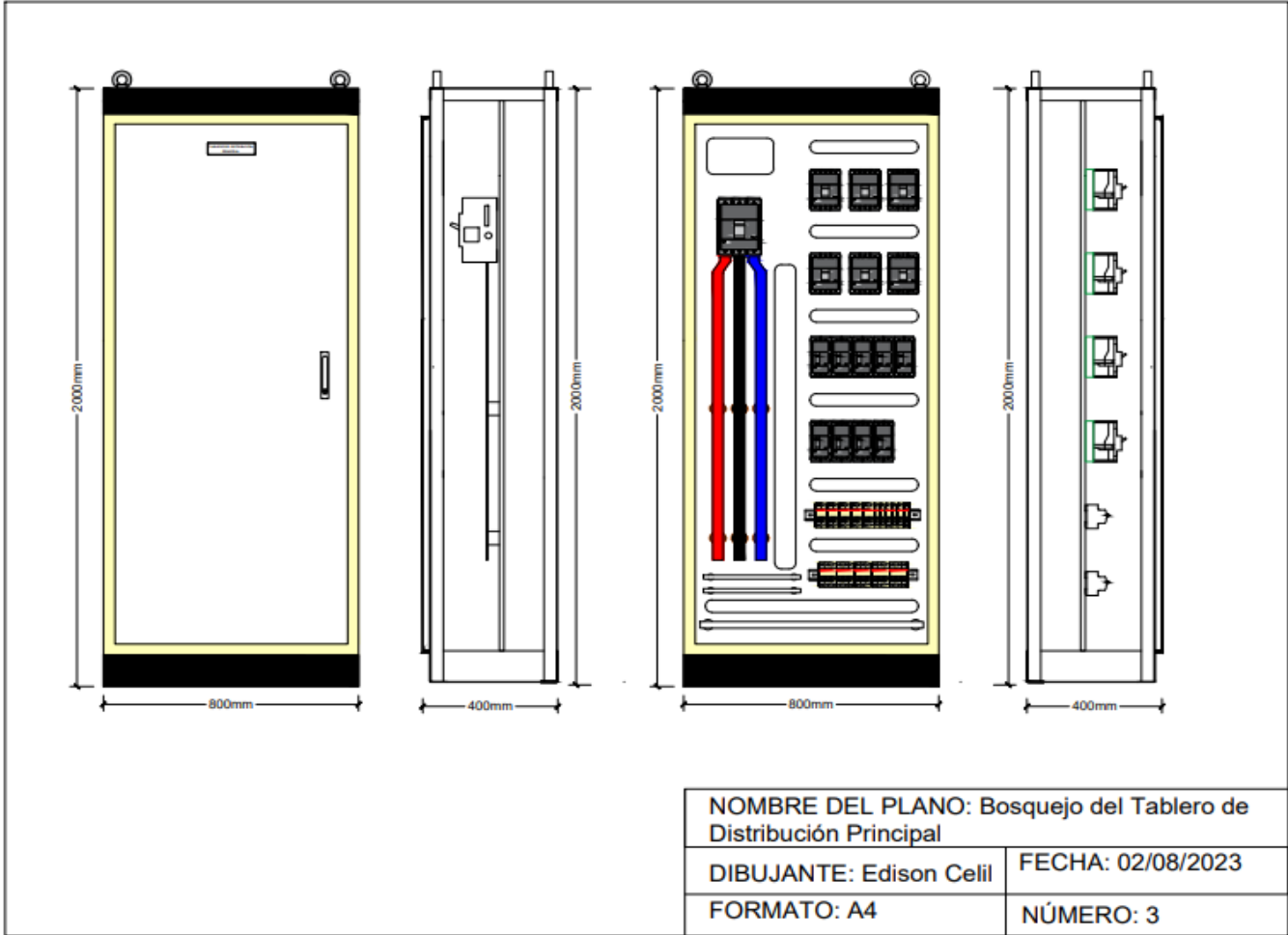


Figura 3. 25 Bosquejo del Tablero de Distribución Principal Propuesto

Fuente: Autor

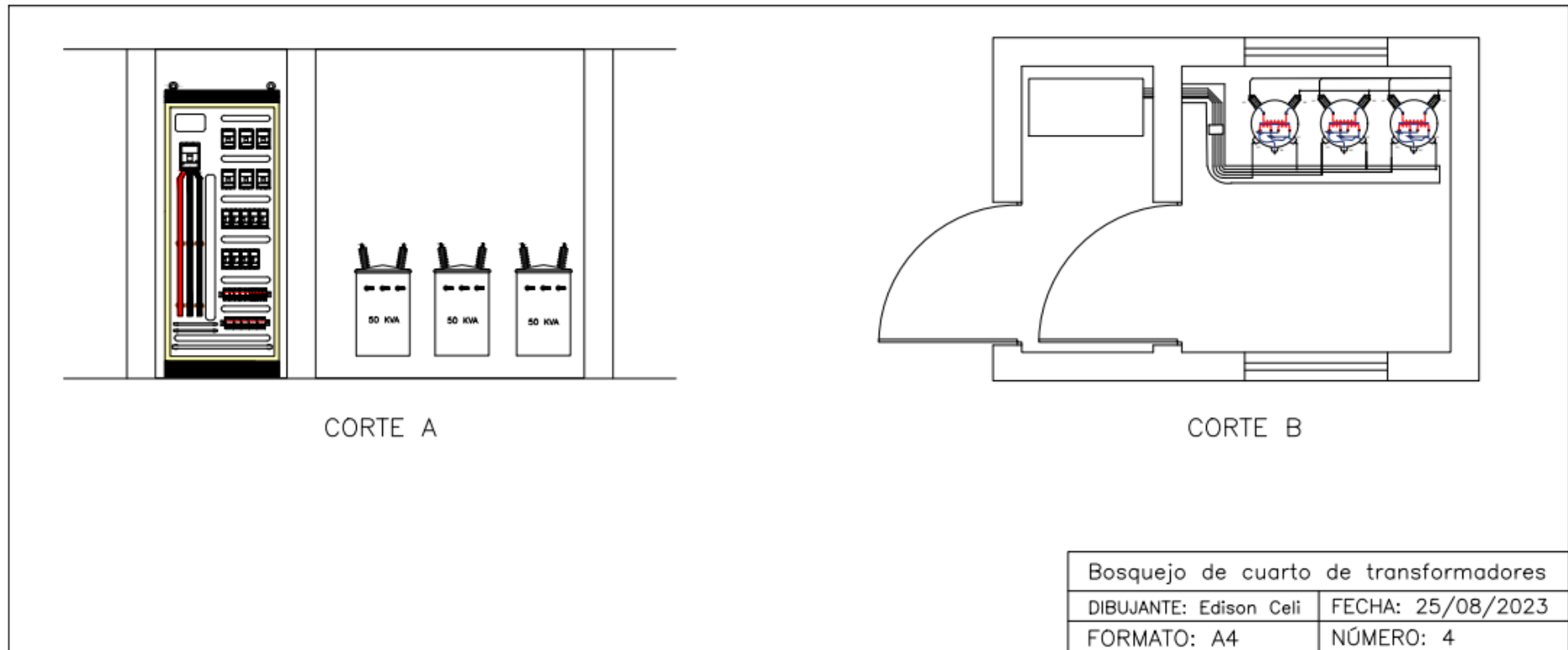
Los elementos de protección para el nuevo tablero de distribución principal se presentan en la Tabla 3.2

**Tabla 3. 2** Lista de Elementos para el tablero de distribución principal

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3	Barras Cu 1x3/16"
1	Breaker 3P 630 A
1	Breaker 3P 150 A
3	Breakers 3P 125 A
2	Breakers 3P 100 A
1	Breaker 3P 60 A
4	Breakers 3P 32 A
3	Breakers 2P 70 A
2	Breakers 2P 60 A
4	Breakers 2P 50 A
2	Breakers 2P 20 A
3	Breakers 2P 15 A
4	Breakers 1P 20 A
2	Breakers 1P 15 A

**Fuente:** Autor

En la Figura 3.26 se puede observar el bosquejo de la propuesta de como queda el cuarto de transformadores con el nuevo tablero de distribución principal. En el Corta A se encuentra la vista frontal del tablero y el banco de transformadores, mientras que en el Corte B la vista es superior, en esta vista se puede apreciar también las conexiones de parten del banco de transformadores al tablero de distribución principal.



**Figura 3. 26** Vista frontal y superior del cuarto de transformadores

**Fuente:** Autor



## **CONCLUSIONES**

La conexión del banco de transformadores cumple con las necesidades requeridas para la distribución equilibrada de energía a toda la facultad.

La facultad no cuenta con documentación que respalde el registro de mediciones o mantenimientos realizados al banco de transformadores y tablero de distribución principal.

Existe un desbalance en las cargas que parten de los bushing de baja tensión y eso puede generar sobrecarga en las fases y esto produce daño en los cables y su equipo de protección.

El diseño del nuevo tablero es realizado debido a que el espacio del tablero actual es reducido ya que se han aumentado nuevos breakers.

El tablero de distribución principal no cuenta con señalización y mucho menos organización en los cables, este problema también se presenta en cada uno de los paneles de disyuntores del área administrativa, aulas de clases y laboratorios.

## **RECOMENDACIONES**

Generar un cuadro de registro y cumplir con los mantenimientos respectivos de los transformadores que generalmente esto se debe efectuar anualmente, no solo por seguridad de estos sino también por seguridad del personal.

Es aconsejable que se balanceen las cargas eléctricas que se encuentran a la salida de los transformadores.

Realizar un reajuste anual de los elementos del tablero principal para evitar puntos calientes, organización de cables y retiro de cables que no se encuentran en uso.

Todos los tableros e ítems del sistema eléctrico deben estar etiquetados para un correcto control y manipulación.

De acuerdo a la normativa NEC sobre el cuarto de transformadores, indica que este tipo de instalación de transformadores monofásicos deben ser instalados en un solo cuarto exclusivo para ellos.

## REFERENCIAS

- ANSI. (2020). *NORMA ANSI/IEC 60529*. [https://www.nema.org/docs/default-source/about-us-document-library/ansi-iec\\_60529-2020-contents-and-scopef0908377-f8db-4395-8aaa-97331d276fef.pdf?sfvrsn=29c118a6\\_3](https://www.nema.org/docs/default-source/about-us-document-library/ansi-iec_60529-2020-contents-and-scopef0908377-f8db-4395-8aaa-97331d276fef.pdf?sfvrsn=29c118a6_3)
- Argüelles, S. (s. f.). *Transformadores*. Recuperado 27 de julio de 2023, de [https://www.ingenieros.es/files/Proyectos\\_1/ELECTROTECNIA\\_TRANSFORMADORES.pdf](https://www.ingenieros.es/files/Proyectos_1/ELECTROTECNIA_TRANSFORMADORES.pdf)
- Buestan, R., Campaña, D., Chavez, H., Espinel, S., & Lara, A. (2016). *Diseño de Cuarto de Transformador*. <https://www.slideshare.net/robertz93/diseo-de-cuarto-de-transformador>
- Carollo, C., Viaro, F., & Marchetto, M. (2013). *Combined insulation bushing*. 1-4. <https://doi.org/10.1049/cp.2013.1124>
- Castro, L. (2023). *Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva*.
- Electrical Volt. (2022, noviembre 21). *What is Transformer Bushing? Its Construction, Operation, Failures*. Electrical Volt. <https://www.electricalvolt.com/2022/11/what-is-transformer-bushing-construction-operation-failures/>
- Freire, C. (2014). *ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL EN MEDIA Y BAJA TENSION DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE JURISPRUDENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL*.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1802/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-25.pdf>

Guanoluisa, C. (2019). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ADECUACIONES ELÉCTRICAS*. <https://www.inmobiliar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/ESPECIFICACIONES-TE%CC%81CNICAS-ADECUACIONES-ELE%CC%81CTRICAS-08-ago-2019.pdf>

HOFFMAN. (2019). ¿Cuáles son las normas que deben cumplir los gabinetes eléctricos? *nVent HOFFMAN*. <https://hoffman-latam.com/blog/cuales-son-las-normas-que-deben-cumplir-los-gabinetes-electricos/>

Luna, C. (2023). *Normas de seguridad para trabajar en electricidad Ecuador*. [https://www.academia.edu/11981452/Normas\\_de\\_seguridad\\_para\\_trabajar\\_en\\_electricidad\\_Ecuador](https://www.academia.edu/11981452/Normas_de_seguridad_para_trabajar_en_electricidad_Ecuador)

Ministerio de Industria. (2023). *Instalaciones de puesta a tierra*. [https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia\\_bt\\_18\\_oct05R1.pdf](https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_18_oct05R1.pdf)

NATSIM. (2012). *Cuarto de transformadores y sistema de medición para el suministro de electricidad*. <https://www.academia.edu/39711483/NATSIM>

NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2018). *Infraestructura civil común en telecomunicaciones*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SB-TE-Infraestructura-Civil.pdf>

Proaño, S. (2014). *Estudio actual y rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad de Santiago de Guayaquil.*

PROELÉCTRICA. (2023). *Sistema de puesta a tierra.*  
<http://www.proelectrica.net/blog/sistema-de-puesta-a-tierra.html>

RELSAMEX. (2020). *Tipos de transformadores eléctricos.* RELSAMEX.  
<https://www.relsamex.com/tipos-de-trasformadores-electricos/>

Tecsa. (2019). *¿Qué es un transformador eléctrico y cómo funciona?* Tecsa.  
<https://www.tecsaqro.com.mx/blog/que-es-un-transformador-electrico/>

Universidad Nacional de La Plata. (2023). *Tableros Eléctricos.* <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/90/33790/49cdae8cd1a7709f8adecd349c9ae455.pdf>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Celi Sánchez, Edison Jonathan** con C.C: 0940123532 autor/a del trabajo de titulación: **Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 7 de agosto del 2023**



f. \_\_\_\_\_  
Nombre: **Celi Sánchez, Edison Jonathan**  
C.C: 0940123532

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de fuerza en baja tensión de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Celi Sánchez, Edison Jonathan		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando Msc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico-Mecánico		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	7 de agosto del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	53
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Normativas, Instalación Eléctrica, Cuarto eléctrico		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Instalación, Eléctrica, Diagrama, Conexiones, Normativas, Sistema, Baja tensión, Cuarto eléctrico.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>En el presente trabajo de titulación se realiza el estudio del sistema de fuerza, además de una propuesta de mejoramiento del cuarto eléctrico, ubicado en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Partiendo como punto inicial la investigación de las normativas vigentes que determinan los requisitos para la construcción e instalación de un cuarto de transformadores. La instalación eléctrica parte de un diagrama de fuerza, debido a que es una representación gráfica y permite mostrar la distribución y las conexiones de las cargas eléctricas dentro de un sistema. También se mencionan algunos elementos que sirven para proteger el sistema de sobrecargas o sobretensiones. Además, es necesario determinar las cargas eléctricas asociadas a cada componente. Esto implica identificar los cables o conductores eléctricos utilizados y cómo se conectan a cada uno, pero no fue así por la falta de etiquetas en todos los componentes instalados. Es por esta razón que en el presente trabajo se realiza un análisis detallado del cuarto eléctrico a cada uno de sus componentes para verificar si se está cumpliendo con las normativas (NATSIM, 2012) y NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018), en su sistema de baja tensión que se encuentra ubicado junto al laboratorio de telecomunicaciones en la FETD mediante, el cual se establecen las necesidades a cubrir en cada aula de la FETD.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593967372843	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edisoncelisanchez9@gmail.com">edisoncelisanchez9@gmail.com</a> edison.celi@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Ubilla Gonzalez Ricardo Xavier</b>		
	<b>Teléfono:</b> +593999528515		
	<b>E-mail:</b> ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			