UNIVERSIDAD TÉCNICO FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN-REY BALDUINO DE BÉLGICA

ELABORACIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN, UBICADO EN EL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD UTFSM SEDE CONCEPCIÓN

Trabajo de titulación para optar al título de

Técnico universitario en ELECTRICIDAD

Alumno:

Ervins Andres Valdebenito Peña

Esteban Alberto Ruíz Oviedo

Profesor guía:

Sr. Esteban Ignacio Díaz Montt.

2018

AGRADECIMIENTOS

Los estudiantes que realizaron en siguiente proyecto agradecen a las personas y docentes que apoyaron en la adquisición de datos y ayuda otorgada en todo ámbito dentro de la realización de este proyecto, personas que dieron su apoyo y conocimiento.

Dentro de este proyecto una de las labores más importantes la cumplió el profesor guía Esteban Ignacio Díaz Montt, el acompaño dentro del proceso de elaboración del siguiente proyecto desde un principio indicando puntos claves para realizar cada punto de mejor manera, dando un curso y una meta a este proyecto.

Agradezco el apoyo de mi familia, amigos y distintas personas que se han visto involucradas dentro del proceso de estudio de una carrera universitaria y que han permanecido a mi lado dentro de todo este tiempo.

Agradecer también a distintos profesores que han ayudado en mi formación.

E.V. P.

Este Título de Técnico Nivel Superior en Electricidad se lo dedico principalmente a una de las mejores influencias en mi vida, la cual, ha entregado su apoyo incondicional sin pedir nada a cambio y se ha mantenido a mi lado desde hace muchos años gracias S. B. A.

Sin quitar notoriedad a mis padres los cuales me han entregado todas las herramientas para estudiar y fortalecerme para ser una persona íntegra y capaz de defenderse dentro de este mundo.

E.V.P.

Agradezco el apoyo de mi familia, amigos y personas presentes dentro de la carrera como así mismo profesores que aportaron no solo conocimientos en el área eléctrica sino que también lograron dar una enseñanza de lo que se espera a fuera de la universidad.

E. R. O.

Este Título de Técnico Nivel Superior en Electricidad se lo dedico principalmente a mis padres los cuales me acompañaron dentro de los buenos y malos momentos vividos en los años de estudio dentro de la carrera.

E. R. O.

RESUMEN

El laboratorio de redes de distribución en media y baja tensión, cuenta con un sistema de distribución didáctico construido a partir de un trabajo de título en el año 2013 (autor Jairo Lara y profesor guía Alfonso Yáñez), el objetivo de dicho trabajo era disponer de una instalación que permitiera a los estudiantes de la carrera reconocer componentes y realizar algunas maniobras de operación.

Lamentablemente el proyecto realizado se extendió demasiado, por lo que, no alcanzo a implementar algún tipo de actividad a realizar, la finalidad del siguiente estudio es dar una actividades que se puedan realizar para que el sistema de distribución pueda ser presentado de una forma didáctica al estudiantado y con la seguridad correspondiente para que puedan involucrarse activamente en este conjunto de equipos.

Teniendo un punto clave de mantención predictiva que busca integrar al estudiante en la localización de fallas mediante ensayos que permiten ver el estado de algunos componentes del sistema de distribución más las maniobras que permitirán al estudiante involucrarse activamente dentro de estos.

Este trabajo consta de dos capítulos en donde el primer capítulo, es asociado a los estudios de distintos ensayos recomendados y realizados, con el fin, de realizar mantenciones predictivas al sistema, el primer capítulo comienza con la descripción del sistema junto con los componentes asociados, para luego dar paso a una serie de ensayos en busca de fallas dentro de componentes del sistema, el capítulo dos consiste en el desarrollo de distintas maniobras para presentar el sistema de distribución a los estudiantes, mediante puntos clave que son la puesta en marcha, la demostración de uso de los paneles, la seguridad en cada una de las maniobras a realizar y el cierre perimetral para mantener la seguridad de los operadores.

KEYWORDS: SISTEMA DE DISTRIBUCION, ENSAYOS Y MANIOBRAS, TABLERO AUXILIAR DE FUERZA.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS **3**

RESUMEN **9**

SIGLAS **14**

TERMINOLOGÍA **15**

INTRODUCCIÓN **18**

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA **19**

OBJETIVOS GENERALES **20**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS **20**

MARCO TEÓRICO **21**

ALCANCE **22**

CAPÍTULO I **23**

ENSAYOS **23**

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA **24**

1.1 COMPONENTES **25**

2. ENSAYOS **29**

2.1 PROTOCOLO DE SEGURIDAD GENERAL: **30**

2.1.1 Reglas de seguridad 5 reglas de oro 30

2.1.2 Trabajo en altura 35

2.2 ENSAYOS RECOMENDADOS **39**

2.2.1 Análisis de aceite 39

2.2.2 Resistencia de aislamiento 48

2.2.3 Prueba de relación de transformación 63

2.3 ENSAYOS REALIZADOS **72**

2.3.1 Inspección visual del sistema 72

2.3.2 Verificar valor de la resistencia de puesta a tierra en BT. 76

CAPÍTULO II **84**

MANIOBRAS **84**

1. CONEXIÓN **85**

1.2 SEGURIDAD CONEXION **85**

1.2.1 Cierre perimetral 87

1.3 PUESTA EN MARCHA **92**

1.3.1 Paneles 94

1.3.2 Probador de ausencia de tensión 96

1.3.3 Desconexión de los seccionadores 99

1.3.4 Sistema de distribución con la conexión de carga 100

2. DESCONEXIÓN **104**

2.1 SEGURIDAD DESCONEXIÓN **104**

2.2 MANIOBRAS DE DESCONEXIÓN **106**

CONCLUSIÓN **112**

BIBLIOGRAFÍA **113**

LINCOGRAFÍA **114**

ANEXOS **115**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Unilineal tablero auxiliar de fuerza, Elaboración propia 25
Figura 2. Tablero monofásico, Elaboración propia 27
Figura 3. 5 reglas de oro corte, cortesía de material de protección laboral 30
Figura 4. 5 reglas de oro enclavamiento, cortesía de material 31
Figura 5. 5 reglas de oro verificar ausencia de tensión, cortesía de material de protección personal 32
Figura 6. 5 reglas de oro puesta a tierra y en cortocircuito, cortesía material de protección personal. 33
Figura 7. 5 reglas de oro delimitar y señalizar, cortesía de material de protección personal. 34
Figura 8. Referencial de escalera 1 tramo, cortesía de escaleras y andamios 35
Figura 9. Referencial escalera multiuso 2 tramos, cortesía de escaleras y andamios 36
Figura 10. Uso de arnés de seguridad 1, cortesía de equipos de protección 37
Figura 11. Uso de arnés de seguridad 2, cortesía de equipos de protección 37
Figura 12. Equipo Megger probador de aceite cortesía de Megger 43
Figura 13. Transformador trifásico obtención de aceite, Elaboración propia 43
Figura 14. Transformador monofásico obtención de aceite, Elaboración propia 44
Figura 15. Bomba manual aditamentos, cortesía RESINC PUMPS 45
Figura 16. Bomba manual conexión, cortesía de RESINC PUMPS 45
Figura 17. Fluke 1550c/1555 insulation tester, cortesía de FLUKE 49
Figura 18. Conexión resistencia de aislación alta vs baja, Elaboración propia 54
Figura 19. Esquema eléctrico alta vs baja, Elaboración propia 54
Figura 20.conexión resistencia de aislación alta vs baja más tierra, Elaboración propia 55
Figura 21. Esquema eléctrico alta vs baja más tierra, Elaboración propia 55
Figura 22. Conexión resistencia de aislación baja vs alta más tierra, Elaboración propia 56
Figura 23. Esquema eléctrico baja vs alta más tierra, Elaboración propia 56
Figura 24. Conexión resistencia de aislación baja a masa, Elaboración propia 57
Figura 25. Esquema eléctrico baja a masa, Elaboración propia 57
Figura 26. Aislamiento degradado en el tiempo, cortesía revista electroindustria .. 62
Figura 27. Conexionado fase A relación de transformación, Elaboración propia 67
Figura 28. Conexionado fase B relación de transformación, Elaboración propia 68
Figura 29. Conexionado fase c relación de transformación, Elaboración propia..... 68
Figura 30. Conexionado fase A monofásico relación de transformación, Elaboración propia 70

Figura 31. Esquema de montaje dos puntos, Elaboración propia 79
Figura 32. Esquema de conexiones del instrumento, Elaboración propia 79
Figura 33. Conexión geotest 62%, Elaboración propia 82
Figura 34. Conexión geotest 62% n°2, Elaboración propia 83
Figura 35. Vista frontal cierre perimetral, Elaboración propia 88
Figura 36. Isométrico cierre perimetral, Elaboración propia 88
Figura 37. Isométrico con puntos de apoyo, Elaboración propia 89
Figura 38. Lengüeta para pie del cierre, Elaboración propia 89
Figura 39. Pie de cierre perimetral isométrico, Elaboración propia 90
Figura 40. Pie de cierre perimetral vista frontal, Elaboración propia..... 90
Figura 41. Vista lateral de plancha de policarbonato, Elaboración propia 91
Figura 42. Vista frontal plancha de policarbonato, Elaboración propia 91
Figura 43. Esquema de fuerza y control partida tablero auxiliar de fuerza, Elaboración propia 95
Figura 44. Probador ausencia de tensión, Elaboración propia 96
Figura 45. Circuito en paralelo a implementar, Elaboración propia..... 100
Figura 46. Carga resistiva, Elaboración propia 106
Figura 47. Conexión desde panel monofásico a la carga, Elaboración propia..... 107
Figura 48. Panel auxiliar de fuerza, Elaboración propia 108
Figura 49. Verificación de ausencia de tensión, Elaboración propia 109
Figura 50. Desconexión de seccionadores, Elaboración propia 110

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Datos de placa transformador trifásico, Elaboración propia 27
Tabla 2. Datos de placa transformador monofásico, Elaboración propia..... 28
Tabla 3. Tabla n°1 condiciones de aceites, cortesía de ASTM 47
Tabla 4. Tensiones de prueba, cortesía de IEEE 52
Tabla 5. Registros de ensayos resistencia de aislación, Elaboración propia 58
Tabla 6.registro de ensayos resistencia de aislación baja a masa, Elaboración propia 59
Tabla 7. Factor de corrección, cortesía de IEEE 60
Tabla 8. Valor de resistencia de aislamiento, cortesía IEC 61
Tabla 9. Evaluación de aislamiento IP, cortesía IEEE 61
Tabla 10. Relación de transformación transformador trifásico, Elaboración propia 69
Tabla 11. Relación de transformación en transformador monofásico, Elaboración propia 70
Tabla 12. Registro de datos, cortesía Nch 4/2003 n°1 79
Tabla 13. Registro de datos, cortesía Nch 4/2003 n°2 83
Tabla 14. Registro de datos de maniobra con aplicación de carga, Elaboración propia n°1 101
Tabla 15. Registro de datos de maniobra con aplicación de carga, Elaboración propia n°2 103

SIGLAS

KV	: Kilo volt
KM	: contactor
A	: Ampere
V	: Voltaje
KV/S	: Kilo volt por cada segundo
KVA	: Kilo volt ampere
Ω	: Ohm
MΩ	: Mega ohm
HZ	: Hertz
MT	: Media Tensión
AT	: Alta tensión
BT	: Baja tensión
TP	: Tierra de protección
TDF	: Tablero distribución de fuerza
Vac	: Voltaje corriente alterna
Vcc	: Voltaje en corriente continúa
EE	: Energía eléctrica
IEEE	: Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica
IEC	: comisión electrotecnia internacional
ASTM	: asociación americana de ensayo de materiales
NCH	: norma chilena
SWER	: retorno por tierra de un solo cable
mm	: milímetros
EPP	: Equipos de protección personal
TTR	: transformador de giro de radio
TDF	: tablero distribución de fuerza

TERMINOLOGÍA

En el siguiente punto se referirá a los términos técnicos utilizados en el proyecto. Estos fueron obtenidos de los Pliegos Técnicos distribuidos por la SEC, específicamente los Pliegos N° 06, 13, 15

Accesible: Al alcance de personas, sin auxilio de medio alguno.

Arco eléctrico: Descarga disruptiva generada por la ionización de un medio gaseoso entre dos superficies o elementos a diferente potencial.

Circuito: Camino cerrado por donde fluye la corriente eléctrica, desde el polo negativo hasta el polo positivo de una fuente de alimentación (pila, batería, generador, etc.).

Conductor energizado: Conductor que no está conectado a tierra y está sujeto a tensión eléctrica.

Distancia de seguridad: Distancia a un conductor energizado, que minimiza el riesgo de accidente de personas por acercamiento, o una descarga a elementos a potencial cero.

Distribución de energía eléctrica: Transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

Estructura: Todo aquello que puede ser construido o edificado. Puede ser fija o móvil, estar en el aire, sobre o bajo la tierra o en el agua.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transporte, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. Para los efectos del presente Pliego Técnico, deberá considerarse como un producto terminado.

Línea viva (línea energizada): Línea eléctrica con tensión.

Maniobra: Conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.

Mantenimiento: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

Nivel de tensión: Valor de la tensión nominal utilizado en un sistema dado.

Norma técnica: Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos, servicios o procesos, y métodos de producción conexos.

Puesta a tierra: Toma o conexión que permite el establecimiento de un circuito de retorno a tierra y para el mantenimiento de su potencial en aproximadamente el potencial de tierra.

Transformador: Dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentado o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas.

Transformador de distribución: Es aquel transformador que tiene una capacidad nominal desde 5 hasta 3.000 kVA y una tensión eléctrica nominal de hasta 23.000 V en el lado primario y hasta 15.000 V nominales en el lado secundario.

Recinto de Operación: Lugar destinado a la ubicación del equipo eléctrico de una Subestación interior, que esta físicamente separado o aislado de los espacios de uso común y que es accesible exclusivamente a personal calificado. En el caso de Subestaciones aéreas o Subestaciones modulares, su forma constructiva se considerará suficiente separación con el medio ambiente.

Transformador de distribución tipo pedestal: Conjunto formado por un transformador de distribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, este conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie.

Transformador de distribución tipo poste: Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar.

Transformador de distribución tipo subestación: Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para ser instalado en una plataforma, cimentación o estructura similar y su acceso está limitado por un área restrictiva.

Aislación: Conjunto de elementos utilizados en la ejecución de una instalación o construcción de un aparato o equipo y cuya finalidad es evitar el contacto con o entre partes activas.

Aislamiento: Magnitud numérica que caracteriza la aislación de un material, equipo o instalación.

Carga: Es todo artefacto, equipo o instalación cuyo mecanismo u operación requiere del consumo de energía eléctrica para su funcionamiento. Dependiendo de su comportamiento las cargas pueden ser:

Sistema de Puesta a Tierra (SPT): Lo componen todas las conexiones eléctricas, elementos y dispositivos que forman parte de la puesta a tierra de un sistema, instalación o un equipo eléctrico.

Dentro de la definición anterior, se considera el sistema de electrodos de tierra interconectados, conductores desnudos enterrados, conectores, camarillas de registro, conductores, aditivos, según corresponda, los cuales en su conjunto, permiten formar una base de potencial común de conexión a tierra para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, para obtener una medida de protección adicional, minimizando el peligro a la exposición a altos voltajes de paso o de contacto o un camino de baja impedancia para corrientes de falla.

Tensión de contacto: diferencia de potencial entre el aumento de potencial de tierra y el potencial de superficie en el punto en que una persona está de pie, mientras que al mismo tiempo tiene una mano o parte de su cuerpo en contacto con una estructura conectada a tierra.

Tensión de paso: diferencia de potencial que experimenta una persona con una separación de un metro entre sus pies, sin tocar ningún objeto conectado a tierra.

Tierra de protección: se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.

Tierra de servicio: se entenderá por tierra de servicio a poner a tierra un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en BT o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media tensión, alimentados con transformadores monofásicos o trifásicos con su secundario conectado en estrella.

Tierra de referencia: Electrodo de tierra usado para efectos de medición o comparación, instalado en una zona del suelo, en particular de su superficie, lo suficientemente alejada del electrodo de tierra a medir o del punto de comparación, como para que no se presenten diferencias de potencial entre distintos puntos de ella.

Tierra, electrodos de: Son conductores desnudos, enterrados, cuya finalidad es establecer contacto eléctrico con el suelo

Tierra, línea de: Conductor que une el electrodo de tierra con el punto de la instalación eléctrica que se quiere poner a tierra.

INTRODUCCIÓN

El área de transmisión eléctrica es de las más vitales, ya que, permite distribuir energía a base de la red de alta y media tensión por todo el país.

Esta energía es transmitida por distintos vendedores de suministro energético permitiendo abastecer todo los consumos de gran cantidad de familias.

Es de principal importancia que los alumnos del área de electricidad tengan un debido acercamiento al sistema de distribución, de esta forma abastecer la demanda de electricistas en esta área.

El siguiente trabajo de título tiene como finalidad permitir al estudiante, con guía de los profesores, la realización de distintos ensayos y maniobras que permitan interiorizarlo en la utilización de un sistema de distribución didáctico, con seguridad en todos los puntos que se trataran dentro de este trabajo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El laboratorio de electricidad cuenta con un sistema de distribución didáctico, la construcción del sistema fue hecha como trabajo de título del estudiante Jairo Lara Ortega y profesor guía Alfonso Yáñez Maturana, con el fin de la realización de diferentes ensayos u actividades, para acercar al estudiante de la carrera de técnico universitario en electricidad, Universidad Técnico Federico Santa María Sede concepción, a como es la elevación de tensión ocurridas en el sistema, pero el proyecto de título del estudiante se extendió en distintos elementos, por lo que, no cerro por completo el tema de los ensayos y maniobras a realizar para que el sistema elevador-reductor se presente debidamente a los estudiantes.

OBJETIVOS GENERALES

Habilitar el sistema de simulación de distribución de energía eléctrica del taller de electricidad USM Concepción, con el propósito de la realización de ensayos y maniobras de acuerdo a normativas relacionadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Realizar una investigación que permita obtener diferentes tipos de ensayos a realizar más los equipos asociados a dichos ensayos, estos se centrarán en su mayoría a los transformadores.

-Obtención de información acerca de las maniobras a realizar en el sistema, para la creación de un protocolo de maniobras.

-Diseñar un protocolo de seguridad, para cada una de las maniobras y ensayos a ejecutar, utilizando como base las normativas vigentes nacionales Nch 4/2003, las internacionales IEC, ASTM y el instituto de ingeniería eléctrica y electrónica.

MARCO TEÓRICO

Para esta realización de actividades y ensayos se tomaron las normas chilenas y referencias internacionales, dentro de estas normas se destacan las siguientes:

Nseg 20 en 78, "subestaciones transformadoras interiores", en la cual se establecen las condiciones mínimas de seguridad que se han de cumplir durante la construcción, montaje operación y mantenimiento de las subestaciones de transformación que operen con tensiones hasta 25 KV. y que utilicen para dotar de energía eléctrica a las instalaciones interiores.

Nseg 5 en 71, "reglamento de instalaciones eléctricas de corrientes fuertes", esta norma tiene como objetivo fijar las disposiciones para la ejecución de instalaciones eléctricas de corrientes fuertes y para el mejoramiento o modificaciones de las existentes.

Nseg 16 en 78, "especificaciones de transformadores de distribución 13,2kv", se establece los parámetros a seguir con referencia a los transformadores trifásicos y monofásicos de media tensión hasta 13,2kv.

Pliego "puesta a tierra", Los sistemas de puesta a tierra se establecen principalmente con el objeto de limitar las tensiones con respecto a tierra, que puedan presentarse en un momento dado en las masas metálicas, asegurando la operación de las protecciones y eliminando o disminuyendo el riesgo tanto para las personas o cosas.

Pliego técnico, "operación y mantenimiento", El objetivo del presente pliego técnico es establecer los requisitos de seguridad en la operación y mantenimiento de las instalaciones de producción, transformación, transporte y distribución de energía eléctrica.

Pliego técnico, "subestaciones y salas eléctricas", El objetivo del presente pliego técnico es establecer las condiciones y exigencias para el diseño, la instalación, la operación, mantenimiento y la verificación de las subestaciones y salas eléctricas. Estas condiciones y exigencias están destinadas a garantizar la seguridad de las personas, los animales y los bienes frente a los peligros y los daños susceptibles de producirse durante un uso razonable de estas instalaciones eléctricas y a garantizar el funcionamiento correcto de sus equipos.

Norma más específicas; serán señalados en cada ensayos con mayor detalles.

Entre ellas:

ASTM D1816, IEC 60156, IEC 60156.

ALCANCE

En el siguiente trabajo, se planea dar una continuación al trabajo de titulación del estudiante Jairo Lara Ortega, el cual, llego con la construcción del sistema sin alcanzar el fin del uso didáctico del mismo, por lo cual, la realización de este trabajo busca la puesta en marcha de este sistema didáctico para presentarlo a los estudiantes de forma segura, activa e informativa, llegando al fin de instruir a los estudiantes en el área de distribución energética con un conjunto que es utilizado mayormente en zonas rurales del país pero que también es usado como base en el sistema de la red pública en las ciudades.

CAPÍTULO I

ENSAYOS

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El laboratorio de electricidad cuenta con un sistema de distribución didáctico, el cual, tiene como objetivo presentarse al estudiante de la carrera de Técnico Universitario en Electricidad, de manera que se interioricen en el tema de distribución de energía en la red.

El conjunto funciona gracias a la alimentación proveniente del tablero general del laboratorio de máquinas, llegando al tablero de fuerza que se encuentra ubicado en el área de media tensión del laboratorio, este panel alimenta desde el transformador trifásico pasando de una tensión de 400 [V] a una de 13,2 [KV] esta tensión se dirige hacia el poste pasando por líneas de conductor desnudo 6 AWG conducción de corriente de 120 [A], el cual, seguirá al siguiente transformador, bajando la tensión tomando una sola de las líneas de 7,62 [KV] a 231 [V] llegando a un panel, el cual, puede usarse de forma didáctica para conectar distinto tipos de carga bajo ciertos requerimientos, este tablero cuenta un neutro aterrizado a tierra, ya que, se pensó un sistema de uso didáctico, se implementó un retorno de energía por tierra en el cual se hace un regreso desde la tierra neutralizada del panel de baja, hacia una tierra sacada de la estrella del transformador trifásico, con esto generándose una retro-alimentación por tierra.

-Descripción retorno por tierra

El proyecto del sistema de distribución fue realizado por el alumno Jairo Lara, para temas didáctico, creo la instalación con un sistema de retorno por tierra (SWER), el cual, fue especificado de la siguiente forma:

> *El sistema de distribución con retorno por tierra, a diferencia de un sistema trifásico que lleva 3 fases, este solo lleva una fase y el retorno de la corriente se hace por tierra, de ahí su nombre. Dentro de las ventajas cabe destacar que este sistema es más económico debido a varias razones; El llevar un solo conductor reduce la longitud de conductores requerida. Se puede aprovechar la existencia de un solo conductor para reducir el tamaño de la estructura, ya que se puede colocar el conductor por encima de la cabeza de la estructura para maximizar la distancia de seguridad al terreno, manteniendo el mismo vano de diseño que su similar trifásico.*
>
> *Al existir un solo conductor se reduce los esfuerzos en las estructuras, por lo que se requiere de estructuras menos resistentes que su similar trifásico, y si se usa la misma estructura que de una distribución trifásica se puede incrementar el vano entre estructuras, reduciendo el número de estructuras a usar en terrenos desnivelados, donde la limitante es la carga de trabajo y no la distancia de seguridad al terreno. (Jairo Lara, "descripción técnica de la obra" capitulo 1)*

1.1 COMPONENTES

-Tablero de fuerza consta de:

Protección general tipo caja moldeada de 150 [A], protección de caja moldeada de 3 polos marca Mitsubishi con una capacidad de 80 [A], un contactor de marca Mitsubishi de la serie S-N80, con una capacidad de 85 [A]

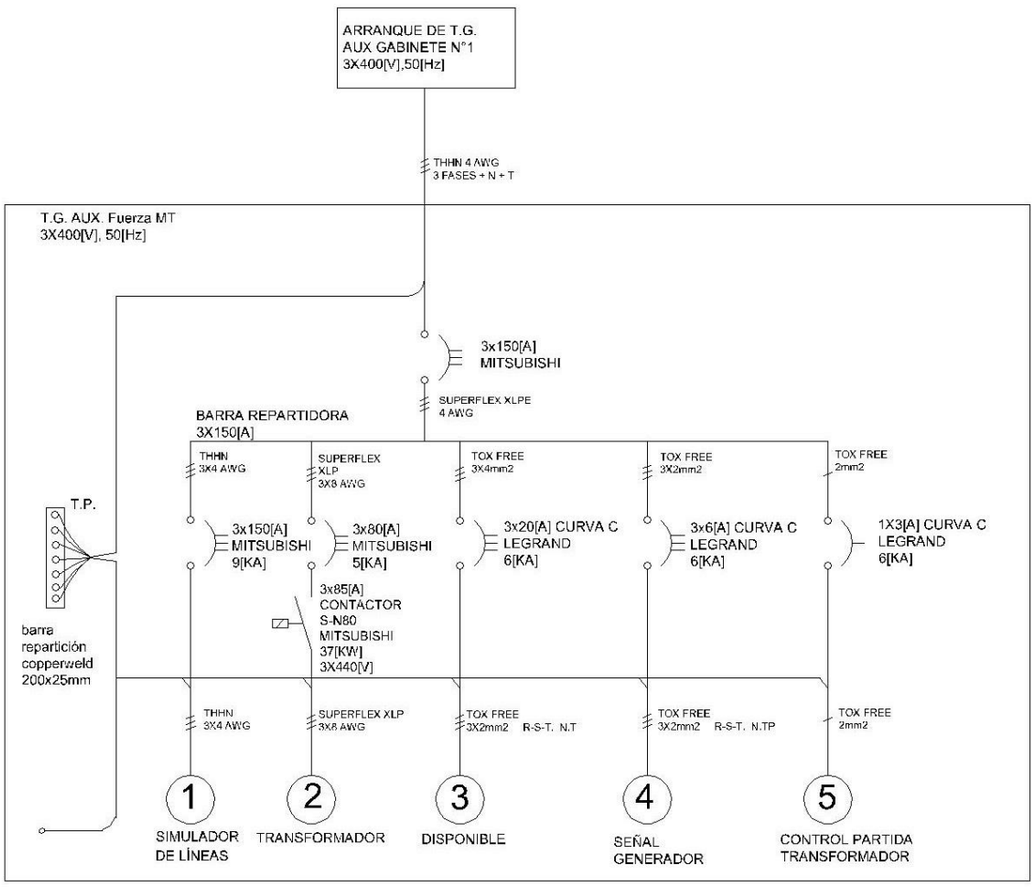

Figura 1. Unilineal tablero auxiliar de fuerza, Elaboración propia

La entrada y salida de conductores será por la parte inferior del tablero, el orificio hecho al tablero se encuentra instalada una goma para la protección de los conductores, la ida hacia el transformador trifásico será por la parte de atrás del tablero. En la tapa cubre equipos por medidas de seguridad se ubicará la botonera doble para el funcionamiento del contactor de esta forma el operador no se encontrará directamente con las protecciones y los conductores energizados, las luces piloto se encontrarán en la tapa cubre equipos estas luces indicaran la presencia de energía en las 3 fases las cuales cumplirán la función de verificar si hay tensión o no (el tablero es explicado demostrando las protecciones asociadas al sistema directamente)

-Baliza:

Aviso de sistema activo mediante una señal lumínica de color rojo, la baliza encenderá al momento de poner en marcha el sistema por lo que en caso de no encender indicará un problema dentro de la instalación.

-Poste:

Por las características que el recinto posee, al momento de la instalación se usaron postes CGE de 4.75 metros de alto para poder instalarlos dentro del taller. Estos cumplen con la función de soportar las líneas aéreas y en el segundo poste se encuentra instalado el transformador monofásico reductor de forma que se aleje de la interferencia de personal no autorizado.

-Seccionadores:

El seccionador autodesconectador portafusible se instalaron del lado de alta tensión del transformador o de la línea de distribución. El mismo provee una protección confiable a la sobre corriente en los sistemas de distribución. La protección a sobre corrientes resguarda al sistema eléctrico de las corrientes excesivas producidas por condiciones anormales como pueden ser fallas en la línea, sobrecargas en líneas o equipos, o fallas de equipos. El seccionador proveerá una amplia protección a la sobre corriente desde la actuación mínima de un fusible hasta la máxima corriente indicada en la chapa característica.

Los fusibles aéreos utilizados son del tipo monofásico, con un bastón aislante con capacidad de ruptura de 100 ka. Estos contiene el fusible hilo (cabeza-cola), con una capacidad máxima de 100 amperes, la tensión de servicio es 13,2 kv, siendo la clase de 15 kv.

-tablero monofásico:

Protección contra sobrecarga de 25 [A] curva C marca Legrand y además de un interruptor diferencial de 25 [A] 30 [mA].

El tablero cuenta con su entrada de energía por la parte baja del panel, también posee puntos de conexión de fase, neutro y tierra en la bornera vikigns con el fin de la realización de actividades.

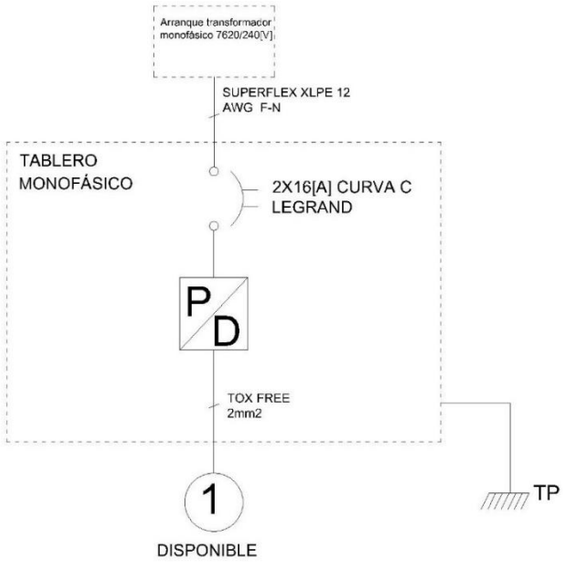

Figura 2. Tablero monofásico, Elaboración propia

-Transformadores:

<u>Transformador trifásico:</u>

Datos de placa:

Alta tensión:	H1–H2–H3, H0	Baja tensión:	X1–X2–X3		
Potencia:	45[kva]	frecuencia:	50[Hz]		
conexión:	YDN1	tensión nominal:	13200[V]	Baja tensión:	400[v]
Conmutador:	1)13530[v]	2)13200[v]	3)12540[v]	4)11880[v]	5)11550[v]

Tabla 1. Datos de placa transformador trifásico, Elaboración propia

Año de fabricación 1998, construido bajo las normas ANSI IEC, nivel de aislamiento de 15 KV, 3 fases, conexión estrella con neutro 1, polaridad sustractiva, impedancia a 75º C de 3,97%, estanque sellado, líquido aislante en aceite con 147 litros, peso total de 433 Kg, tipo mochila.

Transformador monofásico:

Datos de placa:

Alta tensión:	H1 y Baja	Tensión:	X1–X2
Potencia:	5[kva]	frecuencia:	50[Hz]
tensión nominal:	7620[v],	baja tensión:	231 [v]
Conmutador:	1)7620[v]	2)7240[v]	3)6860[v]

Tabla 2. Datos de placa transformador monofásico, Elaboración propia

Año de fabricación 1998, construido bajo la norma nacional, nivel de aislación de 15 KV, monofásico, polaridad aditiva, impedancia a 75º C de 4,05%, estanque sellado, liquido aislante en aceite con 22 litros, peso total de 82 Kg, el cual está montado en poste, tipo mochila.

2. ENSAYOS

El mantenimiento predictivo permite pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, por medio de un monitoreo de tal forma que dichos componentes puedan reemplazarse.

Esto se realizará mediante distintos ensayos que consisten en establecer, en primer lugar, un historial del equipo lo que permitirá tener registradas las distintas variables a las que funcionará el equipo, y en caso de existir una anomalía en una medición que se realice, se podrá tener los valores en los que ha estado funcionando y así poder verificar si es necesario el cambio de algún componente o el equipo completo, de esta forma se puede prolongar la vida útil de los componentes (transformadores) del sistema de distribución.

En el punto de ensayo, el estudio se centrara en dar un listado de lo que se debe realizar para mantener el conjunto de equipos y materiales en óptimas condiciones, los cuales se dividirán en dos puntos:

-Ensayos recomendados en él se desarrollará una investigación de cómo llevarlos a cabo, más la investigación correspondiente de equipamiento a utilizar.

-Ensayos realizados, en el cuál, se describirá como se realizó, más los materiales y equipos utilizados.

Cada ensayo constará de un punto de seguridad, en el cuál, se especificarán los resguardos a tener al utilizar los equipos que se mencionarán y el uso correcto de los equipos de protección personal.

2.1 PROTOCOLO DE SEGURIDAD GENERAL:

Este punto es para generar un protocolo de seguridad general para todo trabajo realizado en altura o que se base en la intervención directa dentro del sistema, por lo cual, se debe hacer referencia a las 5 reglas de oro.

Se comenzará realizando la explicación de las 5 reglas de oro y como acatarlas

2.1.1 Reglas de seguridad 5 reglas de oro

Las reglas de oro son cinco reglas que definen unos procedimientos estándar de obligado cumplimiento para minimizar el riesgo eléctrico en trabajos sin tensión.

Las 5 reglas de oro consiste en:

- Desconectar, corte visible o efectivo
- Enclavamiento, bloqueo y señalización
- Comprobación de ausencia de tensión
- Puesta a tierra y cortocircuito
- Señalización de la zona de trabajo

-Desconectar, corte visible o efectivo

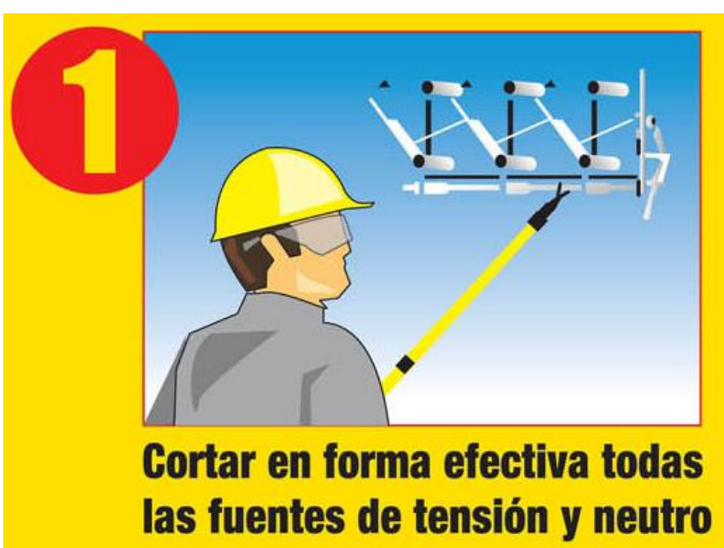

Figura 3. 5 reglas de oro corte, cortesía de material de protección laboral

Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico sin tensión se debe desconectar todas las posibles alimentaciones a la línea, máquina o cuadro eléctrico.

Se Considera que el corte ha sido bueno cuando se puede comprobar por el personal que los contactos se vean abiertos y con espacio suficiente como para asegurar el aislamiento. Esto es el corte visible.

Como en los equipos modernos no es posible ver directamente los contactos, los fabricantes incorporan indicadores de la posición de los mismos. Si la aparamenta está debidamente homologada, tenemos la garantía de que el corte se ha realizado en condiciones de seguridad. Esto es el corte efectivo.

- Interruptores
- Seccionadores
- Pantógrafos
- Fusibles
- Puentes flojos

-Enclavamiento, bloqueo y señalización

Figura 4. 5 reglas de oro enclavamiento, cortesía de material de protección laboral

Se debe prevenir cualquier posible re-conexión, utilizando para ello medios mecánicos (por ejemplo candados). Para enclavar los dispositivos de mando no se deben emplear medios fácilmente anulables, tales como cinta aislante, bridas y similares.

Cuando los dispositivos sean telemandados, se debe anular el telemando eliminando la alimentación eléctrica del circuito de maniobra.

En los dispositivos de mando enclavados se señalizará claramente que se están realizando trabajos.

Además, es conveniente advertir a otros compañeros que se ha realizado el corte y el dispositivo está enclavado.

Los mecanismos con los que cuenta el sistema al ser comprobados en el capítulo de maniobras y verificar que su reconexión es casi nula, solo se recomienda el uso de candados para los seccionadores, el sistema solo será desconectado cuando la presencia de energía eléctrica sea nula y por ningún motivo debe efectuarse una conexión al momento de la apertura de los seccionadores.

-Comprobación de ausencia de tensión

Figura 5. 5 reglas de oro verificar ausencia de tensión, cortesía de material de protección personal

En los trabajos eléctricos debe existir la premisa de que, hasta que no se demuestre lo contrario, los elementos que puedan estar en tensión, lo estarán de forma efectiva.

Siempre se debe comprobar la ausencia de tensión antes de iniciar cualquier trabajo, empleando los procedimientos y equipos de medida apropiados al nivel de tensión más elevado de la instalación.

Haber realizado los pasos anteriores no garantiza la ausencia de tensión en la instalación.

La verificación de ausencia de tensión debe hacerse en cada una de las fases y en el conductor neutro, en caso de existir. También se recomienda verificar la ausencia de

tensión en todas las masas accesibles susceptibles de quedar eventualmente sin tensión

Para esto el laboratorio de electricidad de la universidad técnica Federico santa María cuenta con instrumentos de medición y detección como:

Multímetros: unit-ut 202, dm 334, fluke con los que se puede realizar las medidas pertinentes dentro de los tableros para la detección de tensión.

Probador ausencia de tensión: este instrumento detecta la presencia de tensión mediante dos electrodos en su punto, detecta tensión al ubicar el conductor energizado en medio de ambos electrodos e indica mediante tres ledes en su base la presencia de tensión, este instrumento se utiliza en las líneas áreas, ya que, con la ayuda de los aditamentos que son las pértigas permite alcanzar las líneas sin poner en riesgo al personal.

-Puesta a tierra y en cortocircuito

Figura 6. 5 reglas de oro puesta a tierra y en cortocircuito, cortesía material de protección personal.

Este paso es especialmente importante, ya que creará una zona de seguridad virtual alrededor de la zona de trabajo.

En el caso de que la línea o el equipo volviesen a ponerse en tensión, bien por una realimentación, un accidente en otra línea (fallo de aislamiento) o descarga atmosférica (rayo), se produciría un cortocircuito y se derivaría la corriente de falta a Tierra, quedando sin peligro la parte afectada por los trabajos.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra deben soportar la intensidad máxima de defecto trifásico de ese punto de la instalación sin estropearse. Además, las

conexiones deben ser mecánicamente resistentes y no soltarse en ningún momento. Hay que tener presente que un cortocircuito genera importantes esfuerzos electrodinámicos.

Las tierras se deben conectar en primer lugar a la línea, para después realizar la puesta a tierra. Los dispositivos deben ser visibles desde la zona de trabajo.

Es recomendable poner cuatro juegos de puentes de cortocircuito y puesta a tierra, uno al comienzo y al final del tramo que se deja sin servicio, y otros dos lo más cerca posible de la zona de trabajo.

Estos pasos ya se encuentran dentro del sistema, ya que, todo los componentes peligrosos están conectados correctamente a tierra, al desconectar los transformadores estos por seguridad se descargarán por medio de la pértiga de descarga (**ANEXO 1**), la cual, cuenta con un conductor que se conecta a tierra y la punta del cabezal se lleva a los aisladores así descargándolos.

Aunque este sistema protege frente al riesgo eléctrico, puede provocar otros riesgos, como caídas o golpes, porque en el momento del cortocircuito se produce un gran estruendo que puede asustar al técnico.

-Señalización de la zona de trabajo

Figura 7. 5 reglas de oro delimitar y señalizar, cortesía de material de protección personal.

La zona dónde se están realizando los trabajos se señalizará por medio de vallas, conos o dispositivos análogos. Si procede, también se señalizarán las zonas seguras para el personal que no está trabajando en la instalación.

Este punto se desarrollará mediante la construcción de un cierre perimetral para mantener al personal alejado del transformador trifásico que se encuentra en el piso.

Todo punto que se vea en la necesidad de ser cerrado o señalizado se realizara mediante cinta de peligro.

2.1.2 Trabajo en altura

Como referencia de trabajo en altura se consultó el documento entregado por la Achs y la mutual de seguridad, este punto está completamente basado en esos documentos.

Se considera trabajo en altura a todo aquel que se realice por encima de 1,8 metros sobre el suelo. Para trabajos realizados en altura, el trabajador deberá utilizar arnés de seguridad o un equipo apropiado, que evite su caída.

Para trabajos en altura el taller de electricidad cuenta con escalera y arneses de seguridad, los cuales, deben usarse correctamente para evitar accidentes

-Escaleras:

Dependiendo la escalera a utilizar esta debe afirmarse correctamente en el piso, las escaleras con las que cuenta el laboratorio son:

Escalera de 1 tramo: este tipo de escalera debe tener un punto de apoyo que por el espacio puede que afecte al momento de la realización de los ensayos por lo que no es recomendable su uso, ya que, el punto de apoyo a utilizar sería el poste del transformador monofásico el cual posee muchos componentes instalados en el poste impidiendo el buen apoyo de la escalera.

Figura 8. Referencial de escalera 1 tramo, cortesía de escaleras y andamios

Escalera multiuso 2 tramos: es la escalera que se recomienda a utilizar, ya que, por si misma puede tener el punto de apoyo que a la anterior escalera le falta, de esta forma sin entorpecer el trabajo del personal dentro del área de distribución del laboratorio.

Figura 9. Referencial escalera multiuso 2 tramos, cortesía de escaleras y andamios

Esta escalera debe ubicarse en un punto cercano al lugar en que se necesite realizar el trabajo en altura, que en este caso es el poste monofásico para la realización de los ensayos recomendados.

La escalera debe probarse de que se encuentra firme y que las gomas de los puntos de apoyo al piso no se encuentren gastados, utilizar todo el EPP referente al tipo de ensayo para evitar accidentes.

-Arnés de seguridad:

Los arnés de seguridad, son dispositivos d sujeción destinados a detener las caídas de personas, dispuesto sobre el cuerpo de estas para sujetarla durante y después de una caída.

En este sentido, este equipo dispone de puntos de anclaje a nivel del dorso, torso y a los costados de las caderas.

A continuación se presentaran imágenes para el correcto uso del arnés de seguridad donde se muestra como colocar el arnés y ajustarlo al cuerpo, todas estas imágenes son gracias a equipos de protección.

PASO 1. Sostenga el arnés por la argolla "D" posterior. Sacuda el arnés para permitir que todas las correas caigan libremente.

PASO 2. Si las correas del pecho, piernas y/o cintura están abrochadas, desabróchelas y suéltelas en este momento.

PASO 3. Inspeccione las correas de cabeza para asegurarse que no han perdido su elasticidad. Asegúrese que las correas no están torcidas.

Figura 10. Uso de arnés de seguridad 1, cortesía de equipos de protección

PASO 4. Tire de una de las cintas de las piernas pasándola entre éstas y conecte el herraje al herraje en la cadera del mismo lado. Repita la operación con la otra correa para las piernas. Si el arnés tiene cinturón, conecte la correa a la hebilla en la cintura después de las cintas para las piernas.

PASO 5. Conecte la cinta de pecho y acomódela en el área media del pecho. Apriétela para mantener apretadas las cintas de los hombros.

PASO 6. Una vez habiendo abrochado todas las cintas, apriételas de manera que el arnés quede apretado pero permita una amplitud de movimiento completa. Pase la parte sobrante de las cintas a través de los sujetadores de presilla.

Figura 11. Uso de arnés de seguridad 2, cortesía de equipos de protección

El método de uso del arnés consiste en fijar mediante una cuerda, la cual se llama cabo de vida, a la argolla ubicada detrás del arnés y el otro extremo se une a una estructura que permita soportar el peso de la persona encargada de realizar el ensayo, la estructura corresponderá al poste y algún punto sobresaliente en la cual la cuerda de vida pueda ser ajustada.

En el siguiente punto se hablara del trabajo en altura paso a paso de cómo se debe ejercer su realización.

- Antes de iniciar la operación se debe señalizar e informar del labor a realizar.
- Previo al inicio de los labores en altura, se verificará el uso de los implementos de seguridad necesarios.
- Revisar y planificar el trabajo antes de iniciar el ascenso, en especial si requerirá el uso de herramientas o equipos.
- Solicitar ayuda para poder realizar ascensos de equipos y/o accesorios, estos trabajos en altura son de extremo cuidado, por lo que, se debe realizar acompañado.
- Inspeccionar el estado del arnés de seguridad antes de cada uso, si es posible. Frente a daños en cintas y uniones que afecten la seguridad (puntos de fijación) el arnés debe ser remplazado.
- Siempre se debe utilizar las cuerdas de seguridad (cola), así como también verificar los puntos de anclaje.
- Manténgase en el centro de la escala y jamás utilice el último peldaño. Y al llegar a la posición de trabajo, siempre asegure su posición.

Estos son los puntos a realizar al momento de cualquier trabajo en altura todo esto debe ser realizado por personal capaz y siempre acompañados.

2.2 ENSAYOS RECOMENDADOS

2.2.1 Análisis de aceite

El Aceite para Transformadores o Aceite Aislante es, generalmente, un aceite mineral altamente refinado, que es estable y que tiene excelentes propiedades de aislamiento eléctrico. Estos se utilizan en el interior del transformador para aislar, suprimir el arco y como refrigerante de los bobinados.

La oxidación se ve influenciada por dos parámetros principales: oxígeno y temperatura. Todos los aceites contienen una pequeña cantidad de aire, incluso después de la desgasificación (entre un 0.05 y un 0.25% de oxígeno por volumen). El calor acelera este deterioro.

Haciendo controles y análisis del aceite se pueden obtener oportunas indicaciones del estado de degradación del papel y de humedad que pudiera derivar en fallas eléctricas.

El aceite tiene además la función de aislamiento de los componentes metálicos del transformador.

Un aceite dieléctrico tiene que poseer unas buenas propiedades antioxidantes dado que tiene que mantener sus características durante largos periodos de tiempo.

Así, para un funcionamiento adecuado del transformador es necesario garantizar unas excelentes propiedades como:

Rigidez dieléctrica alta: es la capacidad de un aceite para resistir el voltaje entre los devanados de un transformador, evitando la formación de arcos y descargas eléctricas. Es muy sensible a la presencia de agua libre.

Viscosidad: una baja viscosidad facilita la circulación del aceite y como consecuencia favorece la disipación de calor.

De esta forma el ensayo a realizar será de rigidez dieléctrica, con el fin de crear un registro que permita ver del degrado del aceite en el tiempo, y así salvaguardar los componentes del transformador en caso de que el aceite comience a bajar para su futuro cambio de aceite.

-Protocolo de seguridad

Este ensayo a realizar estará basado en las normativas vigentes de pruebas en aceites como son:

- ASTM D1816 especifica que el recipiente debe llenarse con la muestra de aceite 30 segundos después de la limpieza.
- IEC 60156 recomienda que se utilice un conjunto de recipientes de ensayo independiente para cada tipo de líquido aislante que vaya a analizarse.
- La norma ASTM D1816 especifica el uso de un disolvente hidrocarburo seco, como el queroseno.
- IEC 60156 permite el uso opcional de un impulsor de agitación, el uso de un agitador con cabezal magnético o, incluso, la ausencia de agitación.
- La norma ASTM D1816 específica que el aceite se agita en toda la secuencia de la prueba y se especifica el uso de un impulsor accionado con un motor de dos palas.
- Nseg punto 4, 16 E.N. 78 requisitos del aceite para el llenado

Para el siguiente ensayo debe resguardarse la seguridad del personal como del equipo siguiendo las siguientes especificaciones:

-Procurar que el sistema se encuentre sin energía antes de la extracción del aceite, esto se lograra mediante la verificación del panel de control auxiliar de fuerza y con la baliza ubicada arriba del transformador trifásico, la cual, no debe estar emitiendo ninguna luz o acción alguna.

-Los seccionadores deben encontrarse abiertos, de manera que si el sistema entra en funcionamiento la ida hacia el transformador monofásico se mantenga sin energía.

-Ambos transformadores deben encontrarse descargados, esto se logrará con la pértiga de descarga, la cual, se encuentra en los anexos.

Los puntos anteriores son fijados en base a las 5 reglas de oro que han sido explicadas anteriormente en protocolo de seguridad general.

-Al momento de la extracción del aceite el personal autorizado debe contar con todo el equipo necesario el cual será nombrado como EPP, este EPP constara de los siguientes materiales:

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Lentes de seguridad.
- Paños sin pelusa.
- Guantes composite (**ANEXO 2**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).

Al momento de comenzar el ensayo se debe tener los resguardos de cerrar la tapa protectora del probador de aceite, ya que, la cantidad de tensión que se forma en este ensayo es de extremado peligro tanto para el usuario como para la máquina.

Durante la prueba, el operador puede finalizarla presionando cualquier botón en el teclado, así la alta tensión se eliminará inmediatamente y se suspenderá la prueba, así salvaguardando al personal de cualquier peligro.

Dentro de los peligros que se pueden encontrar se encuentra el riesgo de caída producto del trabajo en altura, esto es debido a que el transformador monofásico, el cual, se posiciona en el poste con un acceso que posee mayor dificultad.

Para realizar este ensayo en el transformador monofásico debe seguirse los siguientes pasos:

-Utilizar escalera de dos tramos que posee la universidad, posicionándola correctamente en el piso y que las gomas de la escalera produzcan un buen agarre.

-Fijar escalera cerca del transformador sin impedir el paso de las herramientas a utilizar.

-realizar este trabajo en conjunto de otra persona con el fin de resguardar al operador.

-Utilizar el arnés de seguridad, esto debido que el transformador se encuentra a una altura mayor que de 1,8 m (el uso correcto del arnés es explicado en protocolo de seguridad general riesgo de altura).

Para el trabajo en altura es necesario utilizar material extra al antes mencionado, con el fin, de asegurar de mejor manera la seguridad y evitar todo tipo de riesgo asociado al trabajo en altura:

Materiales:

- Arnés de seguridad.
- Escalera dos tramos multiuso.
- Casco.

Mas todo el material de protección personal antes mencionado en la intervención directa, ya que, el encargado de realizar el ensayo se verá enfrentado a un punto de intervención que podría seguir energizada.

El personal encargado de realizar esta operación debe contar con un correcto grupo que mantenga su seguridad a la hora de subir y engancharse con el arnés de seguridad, también debe estar atento a los protocolos de la prueba para evitar desperdiciar material del transformador.

Siguiendo estos pasos se puede resguardar al personal de los riesgos en altura que puedan ocurrir en la realización de este ensayo.

2.2.1.1 Ensayo de rigidez dieléctrica

Objetivo:

Determinar que el aceite del transformador utilizado como medio enfriador, cumple con las características dieléctricas requeridas.

El fin es determinar que el aceite del transformador utilizado como medio enfriador, cumple con las características dieléctricas requeridas. Esta prueba revela cualitativamente la resistencia momentánea de la muestra del aceite al paso de la corriente y el grado de humedad, suciedad y cantidad de sólidos conductores en suspensión.

Para la siguiente prueba se requiere un equipo probador de aceite, por lo cual se recomiendan el siguiente equipo (**ANEXO 5**):

Figura 12. Equipo Megger probador de aceite cortesía de Megger

-Luego de la obtención del equipo se comienza la realización de la prueba.

-Cuando la humedad del ambiente es mayor al 50%, no es recomendable tomar la muestra.

-Este ensayo se realizara para ambos transformadores, tomando en cuenta donde se encuentran los puntos de drenado de cada transformador.

<u>Transformador trifásico</u>

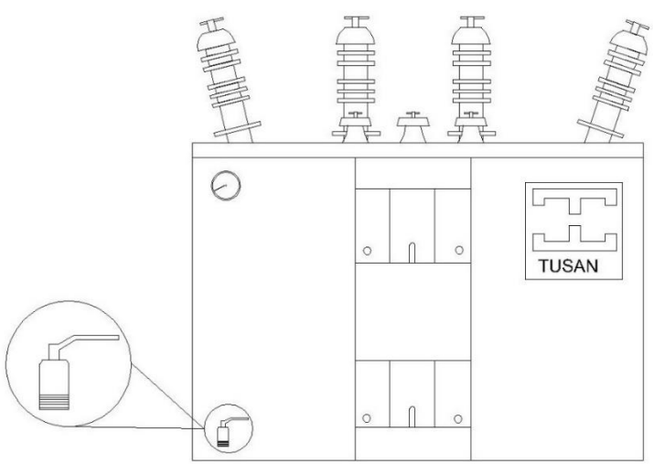

Figura 13. Transformador trifásico obtención de aceite, Elaboración propia

El transformador trifásico cuenta con una llave para el drenado del aceite mineral, el cual, debe manipularse con precaución al momento de adquirir una muestra por lo que se recomienda utilizar un recipiente limpio y de capacidad interior no inferior a 1 litro, esto es en caso de que el aceite salga con fuerza de la llave y con el tiempo de llenado que otorgará el recipiente mayor a 1 litro, se podrá tener una reacción más controlada, el contenido de aceite dentro del transformador es de 175 litros, por lo que, la obtención de 1 litro de aceite no afectará al transformador.

El recipiente a utilizar debe encontrarse limpio sin residuos en su interior, este será solo para recibir la muestra para luego poder verterla en la copa del equipo.

Para sacar el aceite debe quitarse el tapón que se encuentra en la llave verificando que esta se encuentre en posición cerrada.

Luego se posiciona el recipiente debajo de la llave en un ángulo que permita no derramar el contenido, una vez obtenido el aceite en el recipiente de 1 litro este se vierte en el recipiente del equipo para realizar la prueba.

Transformador monofásico

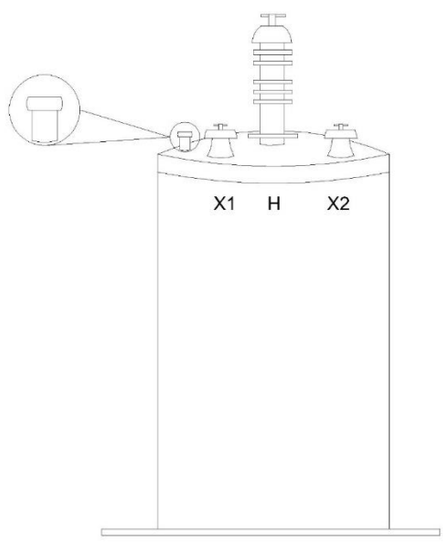

Figura 14. Transformador monofásico obtención de aceite, Elaboración propia

Para obtener el aceite mineral del transformador monofásico se debe iniciar quitando la tapa ubicada cerca de los aisladores, la cual, debe quitarse con cuidado debido a la pintura que la recubre, la cual, debe ser correctamente retirada y luego el área de raspado debe limpiarse con el fin de al momento de obtener la muestra no produzca ninguna contaminación con los residuos de pintura del transformador, una vez quitado la tapa se procede a introducir una bomba manual (**ANEXO 6**).

Figura 15. Bomba manual aditamentos, cortesía RESINC PUMPS

Esta bomba se acopla a la boquilla del transformador evitando que se desencaje gracias a las tuercas con las que cuenta.

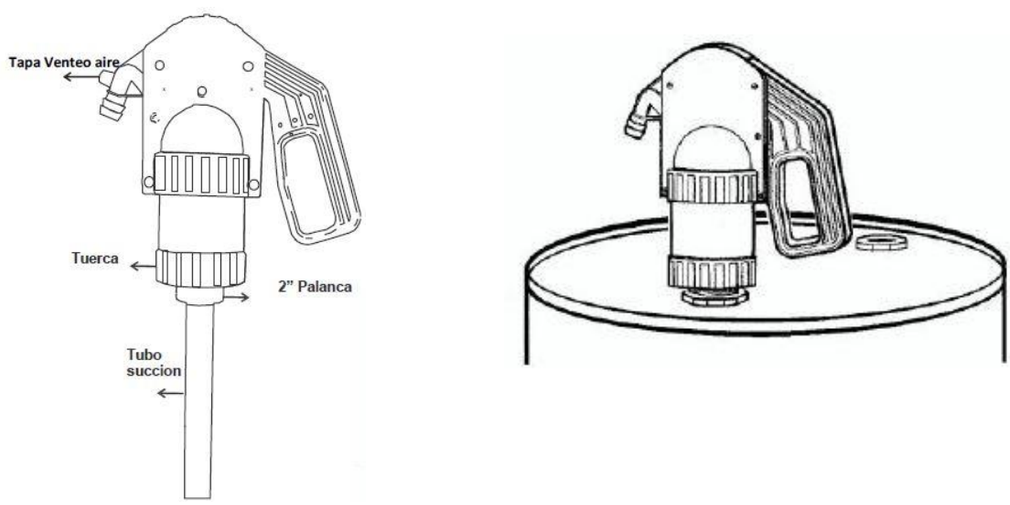

Figura 16. Bomba manual conexión, cortesía de RESINC PUMPS

Con los tubos con los viene el producto, se conectan a la base de la bomba como se muestra en la figura 2 y la manguera corrugada se conecta en la boquilla de la bomba, de esta forma se comienza a bombear con la palanca el aceite hacia un recipiente libre de contaminantes como polvo o partículas de cualquier tipo de material que pueda ensuciar la muestra, solo se obtendrá 500ml de aceite producto de que el contenido del transformador solo llega a 22 litros, luego de la obtención de aceite este se vierte en el recipiente de prueba del equipo.

Al vaciar la muestra de aceite en la copa de prueba, ésta deberá dejarse reposar durante unos tres minutos antes de probarlo, con el objeto de que se escapen las burbujas de aire que puedan contener.

La prueba se efectúa en un aparato que consiste en un transformador de potencial, un regulador de tensión, un voltímetro indicador, un interruptor y la copa estándar patrón de la prueba. Esta copa patrón, consiste en un recipiente de bakelita o de vidrio refractario, dentro de la cual, se alojan dos electrodos en forma de discos de

25.4 mm de diámetro, separados una distancia entre sí de 2.54 mm con las caras perfectamente paralelas.

La prueba se lleva a cabo llenando la copa con aceite hasta que los discos o electrodos queden cubiertos completamente. Posteriormente, se cierra el interruptor del aparato, el cual previamente se habrá conectado a una fuente de 220 V. Luego se va incrementando gradualmente la tensión en el aparato con el regulador, la prueba dura 5min en la cual se pueden elegir intervalos de 0.5kv/s, 2kv/s y 3kv/s. de velocidad, hasta que el aceite contenido entre los electrodos falle, esta falla consiste en el brinco del arco eléctrico, entre los electrodos, con la cual se cortocircuitan abriéndose el interruptor de alimentación de la fuente de energía eléctrica.

Mientras se va incrementando el potencial, el operador irá registrando las lecturas en kV alcanzadas hasta que ocurra la ruptura de aislamiento.

A cada muestra se le efectuarán cinco pruebas de ruptura, agitando y dejando reposar la muestra un mínimo de un minuto, después de cada prueba. Los valores obtenidos se promediarán y el valor obtenido del promedio será representativo de la muestra.

Cuando se prueba el aceite dentro del recipiente y su composición se encuentra con material desprendido que se encuentra dentro del transformador (papel), deberá lavarse el recipiente luego de utilizarlo en las pruebas, con un solvente y secarla perfectamente, para que al volver a usar la copa no señale pruebas falsas al estar la integridad del recipiente comprometida con material desprendido del mismo transformador o humedad dentro de el al momento de llenarlo con el aceite para el nuevo ensayo a realizar.

Al finalizar el ensayo deberá compararse los datos obtenidos del promedio ya calculado de los 4 ensayos con respecto a lo que indica la norma acerca de a cuanta tensión debe romper el dieléctrico.

La tabla que se muestra a continuación enseña la degradación del aceite, más el estado en que se encontraría, con esto se puede tener una referencia del estado de contaminación.

Condición del aceite	Valor de rigidez dieléctrica
Aceites degradados y contaminados	10 a 20 KV
Aceites carbonizados no degradados	20 A 33 KV
Aceite nuevo sin desgasificar	33 A 40 KV
Aceite nuevo desgasificado	40 A 50 KV
Aceite regenerado	50 A 60 KV
ASTM D1816 (aceite mineral)	Aceites usados: 20 KV mínimo Aceites nuevos: 35 KV mínimo

Tabla 3. Tabla n°1 condiciones de aceites, cortesía de ASTM

De acuerdo la normativa al punto 4 de la norma Nseg 16 en 78 no debe ser menor a los 30 KV.

La norma Nseg 16 E.N. 78 estipula una tensión de corte mínima de 30 KV, en este caso el aceite podrá seguir en funcionamiento pero ya se debe tener en cuenta el cambio del mismo tomando las indicaciones de la tabla N°1.

Finalizando el ensayo

-Cerrar tapa de drenado de transformador trifásico y monofásico.

-Limpiar zona de trabajo de cualquier residuo.

-La máquina debe limpiarse mediante un paño sin pelusas y que no deje residuos.

-Luego se entrega todo el material.

2.2.2 Resistencia de aislamiento

Resistencia de aislamiento es el término usado para definir la oposición que presenta un aislamiento al paso de la corriente directa cuando se aplica un voltaje, se mide en megaohms y el instrumento usado para la prueba se denomina, probador de resistencia de aislamiento.

Esta prueba sirve para dar únicamente una idea del estado en que se encuentran los aislamientos y de esta forma permite reconocer las condiciones de su equipo, también si es apto para entrar en funcionamiento o seguir en funcionamiento si se trata de un equipo conectado ininterrumpidamente. El obtener valores bajos no indica en forma decisiva que el aislamiento es malo ya que existen factores que afectan la prueba como lo son: la suciedad, humedad y temperatura. Por lo cual, se deberá tener un registro de temperatura al momento de efectuar la prueba, de esta forma obtener un registro de los ensayos y así verificar el estado de aislamiento en el tiempo.

A la corriente resultante de la aplicación de un voltaje de corriente directa a un aislamiento se le llama "corriente de aislamiento" y consta de tres componentes principales:

Corriente capacitiva: es de magnitud relativamente alta pero de corta duración ya que al termino de unos 15 segundos máximo es despreciable, decrece conforme se carga el aislamiento y se debe a que el conductor se comporta como un condensador. A este componente se debe el bajo valor inicial de la resistencia de aislamiento.

Corriente de absorción dieléctrica: esta corriente es la que toma el aislamiento al polarizarse debido al incremento de la intensidad del campo eléctrico. Es grande al inicio de la prueba y decrece gradualmente con el tiempo a un valor cercano a cero siguiendo una función exponencial. Para efectos de prueba puede despreciarse el cambio que ocurre después de 10 min.

Corriente de fuga: es la corriente que fluye a través del aislamiento y es proporcional al voltaje aplicado, permanece constante a través del tiempo y constituye el factor primario para juzgar las condiciones de un aislamiento.

El laboratorio de electricidad no cuenta por el momento con el equipo específico para realizar este ensayo, por lo que, se recomienda utilizar el Fluke 1550c/1555 insulation tester, este instrumento se encontrara en las hojas de anexos (**ANEXO 7**) con sus características para ser evaluado y verificar su uso para la universidad.

Figura 17. Fluke 1550c/1555 insulation tester, cortesía de FLUKE

-Protocolo de seguridad.

El siguiente ensayo se encuentra fuertemente ligado a las siguientes normativas

- NETA ATS 2003, Especificaciones de pruebas de aceptación para equipos y sistemas de distribución de energía eléctrica.
- IEEE C57.12.90-2015, Código de prueba estándar IEEE para transformadores de distribución, energía y reguladores sumergidos en líquidos.
- IEEE 62-1995 (R2005) Guía para la realización de ensayos en campo.
- IEC 60076-3-2000 Transf. de Potencia – Niveles de Aislación y ensayos dieléctricos.

Todas las tablas de verificación usadas en este ensayo son referidas a la norma IEC y la guía IEEE de los puntos anteriormente nombrados.

Estas guías establecen las tensiones a utilizar en los ensayos.

Dentro de este ensayo se realizará intervención directa dentro del sistema por lo cual se debe seguir todos los puntos del siguiente protocolo:

-Verificar que el sistema se encuentre sin energía, esto es realizado mediante una revisión al panel auxiliar de fuerza, el cual, sus protecciones deben encontrarse enseñando la indicación “off” y el botón de emergencia debe encontrarse presionado evitando que el sistema entre en funcionamiento.

-la baliza no debe mostrar ninguna indicación lumínica así demostrando que el sistema se encuentra apagado.

-Los seccionadores deben encontrarse abiertos.

-Desconectar toda conexión de alimentación que llegue al transformador y aislar estos conductores de tal manera que si se activa la energía no ponga en riesgo al personal.

Al momento de realizar el ensayo se debe utilizar el siguiente material de protección EPP:

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes composite (**ANEXO 2**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).

Estos puntos hacen referencia a las 5 reglas de oro del protocolo de seguridad general, con este protocolo se intenta evitar el riesgo de electrocución producto de algún descuido humano.

Dentro de los peligros que se pueden encontrar se encuentra el riesgo de caída producto del trabajo en altura, esto es debido a que el transformador monofásico, el cual, se encuentra en altura con un difícil acceso.

-Utilizar escalera de dos tramos que posee la universidad, posicionándola correctamente en el piso y que las gomas de la escalera produzcan un buen agarre,

-Fijar escalera cerca del transformador sin impedir el paso de las herramientas a utilizar.

-Seguir reglas mencionadas en riesgo de altura del protocolo de seguridad general.

Este punto necesita de los siguientes materiales para la realización de trabajo en altura:

Materiales:

- Arnés de seguridad.
- Escalera dos tramos multiuso.
- Casco.

Mas todo el material de protección personal antes mencionado en la intervención directa de los transformadores.

2.2.2.1 Ensayo de resistencia de aislamiento

Objetivo:

Determinar la cantidad de humedad e impurezas que contienen los aislamientos del transformador.

Para la siguiente actividad se propone utilizar el método IP (índice de polarización) con el fin de obtener un barrido de datos los cuales se puedan graficar, y así tener un conocimiento de este método que es el más usado en los transformadores de media y alta tensión. Al comienzo se debe verificar que el sistema se encuentre sin energía, luego se desconectan los seccionadores y elementos conectados en él para solo tomar el transformador y no tener interferencia del conjunto completo a la medida de aislación a realizar (no debe encontrarse el transformador conectado a la red ni a nada del conjunto).

Todas las terminales que no se consideran en la prueba así como la carcasa y el tanque deberán conectarse a tierra mientras se aplique el voltaje de prueba.

-Determinar tensiones de prueba.

Tensión de servicio de equipos	Tensión continua de prueba
24 a 50 V	50 a 100 Vdc
50 a 100 V	100 a 250 Vdc
100 a 240 V	250 a 500 Vdc
440 a 550 V	500 a 1000 Vdc
2400 V	1000 a 2500 Vdc
4100 V	1000 a 5000 Vdc
5000 a 12000 V	2500 a 5000 Vdc
>12000 V	5000 a 10000 Vdc

Tabla 4. Tensiones de prueba, cortesía de IEEE

La tabla anterior proporciona las tensiones de prueba recomendadas en función de las tensiones de servicio de equipos (obtenida de la guía IEEE 43).

Por lo que, se tomaran los datos de las tensiones nominales de los transformadores al momento de realizar las pruebas, teniendo cuidado en las conexiones a realizar.

Para el ensayo se realizaran 3 diferentes conexiones: alta tensión contra baja tensión, alta tensión contra baja tensión más tierra y alta tensión más tierra contra baja tensión.

Para el siguiente ensayo se deben tener las siguientes precauciones antes de iniciar, en la siguiente página se detallara las precauciones a tener en cuenta a la hora de realizarlo.

-Precauciones antes de iniciar el ensayo

- Verificar ausencia de tensión, en todo el sistema revisar las protecciones del panel de fuerza que se encuentren en posición off.
- Descargar los transformadores de cualquier efecto capacitivo que se formó en sus bobinados, este punto es vital para no falsear la medición y evitar peligros a los que manipulen el instrumento más el transformador.
- Observar que los terminales de AT se encuentren libres de otras conexiones.
- Observar que los terminales de BT se encuentren libres de otras conexiones.
- Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
- Utilizar guantes aislantes o guantes de cuero al momento de energizar el transformador con el equipo.
- Cortocircuitar entre si los tres aisladores pasantes del bobinado de AT más neutro del transformador trifásico y dependiendo de la conexión quitar o agregar tierra.
- Cortocircuitar entre si los tres aisladores pasantes del bobinado de BT del transformador trifásico dependiendo de lo que dicte el ensayo agregar o quitar la tierra.
- Tener en cuenta las condiciones ambientales como; presencia de humedad y polvo, ya que, estas pueden afectar los resultados y falsear las mediciones, por lo que, se debe tener un registro de la temperatura actual al momento de realizar la prueba.
- Al utilizar el equipo debe seguirse paso por paso las instrucciones del fabricante para calibrar el equipo, ya que, cuenta con distintas opciones de prueba pero la que se llevara a cabo en el siguiente ensayo es la de índice de polarización la cual será explicada luego de los conexionados.

Para una mayor explicación se adjuntara el esquema eléctrico de cada esquema de montaje con el fin de aclarar la conexión interna del transformador y especificar los puntos de conexión del instrumento.

Transformador trifásico

-Alta tensión contra baja tensión.

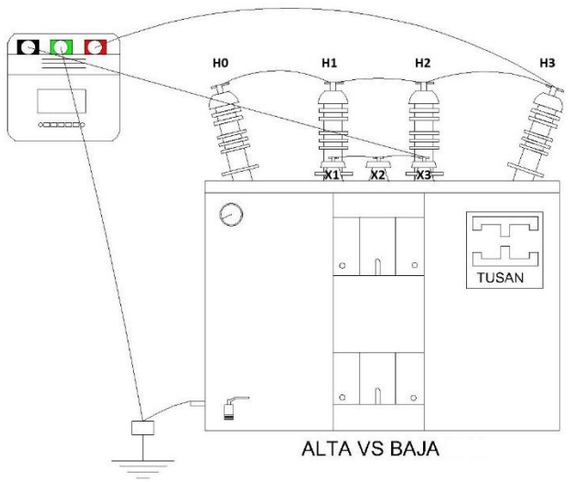

Figura 18. Conexión resistencia de aislación alta vs baja, Elaboración propia

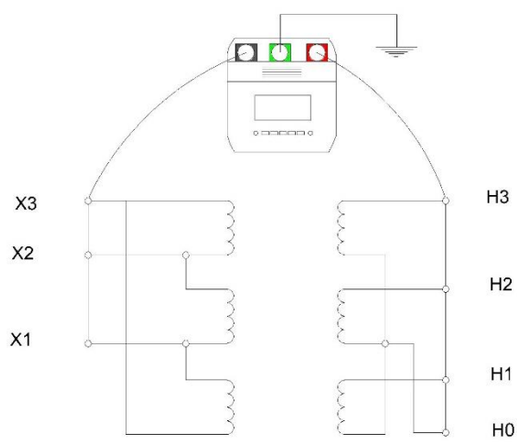

Figura 19. Esquema eléctrico alta vs baja, Elaboración propia

Para esta conexión se debe dirigir a la tabla de tensiones de prueba y verificar la tensión a utilizar según el lado a alimentar.

En este caso se alimentará el lado de alta por lo que la tabla especifica una tensión de 5000 Vdc o mayor, por lo que, la tensión aplicar será de 5000 Vdc.

Cabe destacar que el punto utilizado en la conexión de la tierra al transformador hace referencia a la masa o tanque del mismo.

Los puntos de conexión de alta corresponden a: H0-H1-H2-H3.

Los puntos de conexión del lado de baja: X1-X2-X3.

-Alta tensión contra baja tensión a tierra.

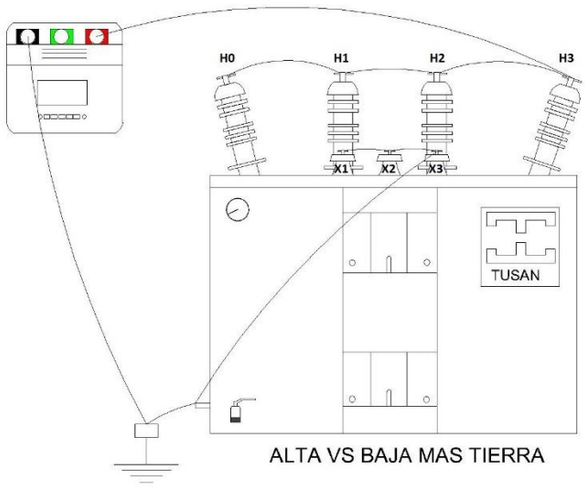

Figura 20.conexión resistencia de aislación alta vs baja más tierra, Elaboración propia

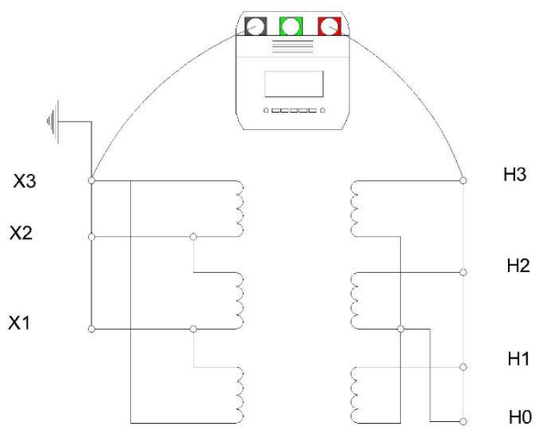

Figura 21. Esquema eléctrico alta vs baja más tierra, Elaboración propia

Utilizando el mismo criterio de la configuración anterior, al dirigirse a la tabla para verificar la tensión aplicar esta será la misma debido al lado de alimentación del transformador, la cual será de 5000 Vdc.

Antes de energizar se debe verificar el correcto conexionado del equipo en la prueba con el fin de evitar fallas.

El conexionado a seguir es el que se presenta en la figura, el cual, tiene cortocircuitados ambos lados, realizando puentes entre los bornes de baja y se aplica lo mismo en el lado de alta y luego se conectan al equipo el H3 a la alimentación y el X3 a la masa del transformador la cual se dirige a tierra y luego de esta hacia el negativo del equipo.

-Baja tensión contra alta tensión más tierra.

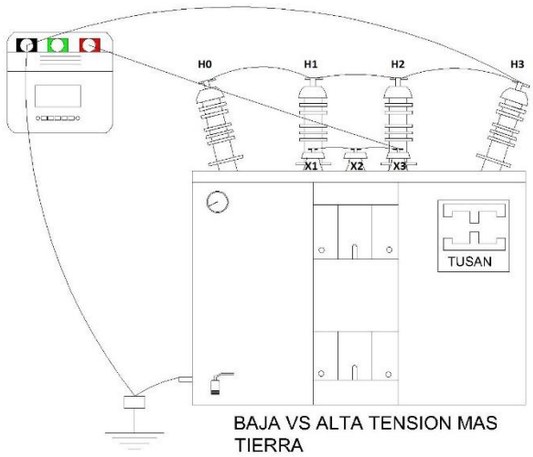

Figura 22. Conexión resistencia de aislación baja vs alta más tierra, Elaboración propia

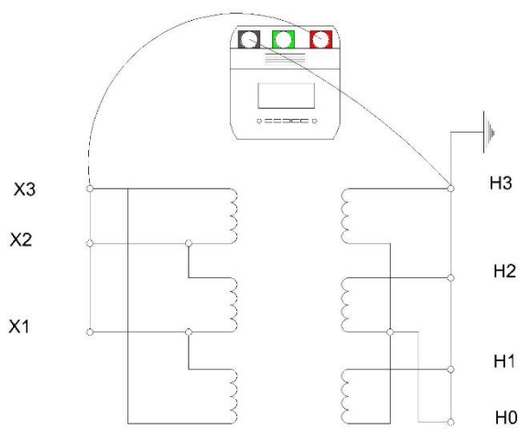

Figura 23. Esquema eléctrico baja vs alta más tierra, Elaboración propia

La configuración en este ensayo cambia debido a la tensión nominal con la que cuenta el lado de baja, por lo cual, al dirigirse a la tabla de tensiones a aplicar con una tensión de 400 v nominales del lado de baja en la tabla corresponde a 500 Vdc de alimentación.

La configuración del conexionado sigue siendo similar a las anteriores solo con la diferencia del lado de alimentación que en este caso será el lado de baja el cual ira sin conexión a tierra cambiándola hacia el lado de alta.

-Transformador monofásico

Dada la configuración interna que posee el transformador no se realizara las pruebas de alta vs baja, alta vs baja más tierra y baja vs alta más tierra, por lo que, el ensayo a utilizar a este transformador corresponderá a verificar fugas que pueda presentar a masa, desde el lado de baja a masa.

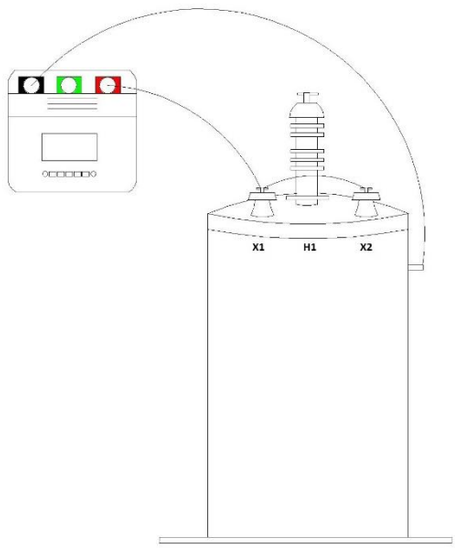

Figura 24. Conexión resistencia de aislación baja a masa, Elaboración propia

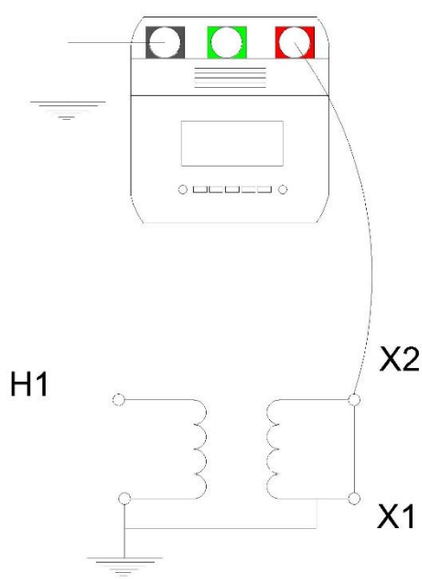

Figura 25. Esquema eléctrico baja a masa, Elaboración propia

Lo primero es verificar la tensión a utilizar en el lado de baja, según tabla se puede utilizar un valor de 250 Vcc o 500 Vcc, pero se utilizara el valor de 500Vcc acercándose más al valor final a usar según tabla.

Las conexiones corresponden en la alimentación del lado de baja y llevar el negativo a la masa para verificar su resistencia y si se encuentra dentro de los valores admisibles.

-Índice de polarización

Es una medida de absorción dieléctrica, se expresa numéricamente como la relación de la resistencia de aislamiento a diez minutos entre el valor obtenido a un minuto.

Este ensayo se llevará a cabo con este método utilizando el instrumento recomendado (Medidor de aislamiento Fluke 1555) que se encontrara en los anexos (**ANEXO 7**), el instrumento será configurado según las especificaciones del fabricante para el método IP. El instrumento posee un reloj el cual se debe estar observando para registrar los valores en la siguiente tabla para los dos transformadores:

Transformado trifásico

	Alta tensión contra baja tensión.	Alta tensión contra baja tensión a tierra.	Baja tensión contra alta tensión más tierra.
15 seg			
30 seg			
45 seg			
1 min			
2 min			
3 min			
4 min			
5 min			
6 min			
7 min			
8 min			
9 min			
10 min			

Tabla 5. Registros de ensayos resistencia de aislación, Elaboración propia

Transformador monofásico

	Baja tensión a masa
15 seg	
30 seg	
45 seg	
1 min	
2 min	
3 min	
4 min	
5 min	
6 min	
7 min	
8 min	
9 min	
10 min	

Tabla 6.registro de ensayos resistencia de aislación baja a masa, Elaboración propia

Las primeras mediciones serán de referencia, desde el minuto se utiliza para demostrar la relación de la resistencia de aislamiento con la siguiente formula:

$$PI = \frac{R\ Aislamiento\ a\ 10\ min}{\text{R Aislamiento a 1 min}}$$

Esto es para contrastar con la Tabla n°7 evaluación de aislamiento IP y obtener el valor resistivo a comparar con la tabla.

Una vez obtenido los valores a los 15, 30, 45,…… segundos se utilizara la siguiente tabla de factor de corrección por temperatura.

°c	Factor de corrección	°c	Factor de corrección	°c	Factor de corrección	°c	Factor de corrección
0	0,2500	14	0,6596	27	1,6187	41	4.2566
1	0,2580	15	0,7067	28	1.7345	42	4.5610
2	0,2679	15,6	0,7400	29	1.8585	43	4.8871
3	0,3885	16	0,7573	30	1.9800	44	5.2365
4	0,3306	17	0,8114	31	2.1337	45	5.6000
5	0,3600	18	0,8694	32	2.2863	46	6.0121
6	0,3796	19	0,9316	33	2.4498	47	6.4420
7	0,4067	20	1,0000	34	2.6249	48	6.9026
8	0,4358	21	1,0690	35	2.8000	49	7.3961
9	0,4670	22	1,1461	36	3,0137	50	7.8500
10	0,5000	23	1,2280	37	3,2292	51	8.4916
11	0,5361	24	1,3158	38	3,4601	52	9.0987
12	0,5745	25	1,4000	39	3,7007	53	9.7492
13	0,6156	26	1,5107	40	3,9500	54	10.4463

Tabla 7. Factor de corrección, cortesía de IEEE

Donde se utilizara como factor de corrección, la temperatura de 20° que es la temperatura esperada dentro de una instalación que se encuentra en interior, siendo el factor de corrección 1 y se multiplicará por cada uno de los valores resistivos por segundo.

Utilizando las tablas n°6 y n° 7 se verificara si la resistencia de aislación corresponde a una correcta aislación.

Tabla de veracidad

Valor de resistencia de aislamiento	Evaluación del aislamiento
2MΩ O menor	Insatisfactorio
< 50MΩ	Peligroso
50…..100MΩ	Regular
100….500MΩ	Bueno
500….1000MΩ	Muy bueno
>1000MΩ	Excelente

Tabla 8. Valor de resistencia de aislamiento, cortesía IEC

Con la tabla n°6 se espera verificar el valor resistivo luego de aplicarle el factor de corrección de temperatura donde los valores después del minuto serán utilizados con esta tabla, con el fin de validar el aumento de aislación en el tiempo.

Tabla de veracidad

Índice de polarización	Evaluación del aislamiento
IP < 1	Peligroso
IP < 1,5	Cuestionable
1,5 ≤ IP < 2,0	Aceptable
2,0 ≤ IP < 3,0	Bueno
3,0 ≤ IP < 4,0	Muy bueno
4,0 ≤ IP	Excelente

Tabla 9. Evaluación de aislamiento IP, cortesía IEEE

Una vez obtenido el valor IP con la formula antes presentada se compara con la tabla anterior esto es para tener mayor confianza al tener los valores de aislamiento.

Para verificar si es que el aislamiento fue degradándose en el tiempo se debe realizar una curva y utilizar como referencia la figura 22.

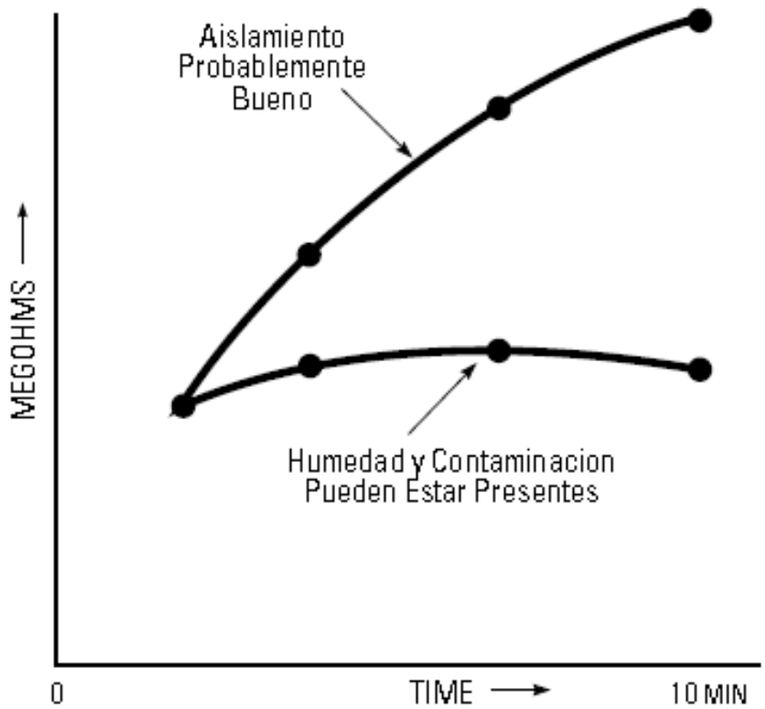

Figura 26. Aislamiento degradado en el tiempo, cortesía revista electroindustria

Para finalizar el ensayo

Luego de realizar la curva se le pondrá fin al ensayo con los siguientes puntos:

-Verificar ausencia de tensión del equipo de ensayo.

-Descargar los bobinados mediante pértiga de descarga.

-Retirar los cables de conexión del equipo de ensayo (Uso de EEP).

-Observar que los terminales de MT se encuentren libres de otras conexiones.

-Observar que los terminales de BT se encuentren libres de otras conexiones.

-Colocar la puesta a tierra en bornes MT de la muestra.

-Retirar el vallado de la zona de trabajo.

2.2.3 Prueba de relación de transformación

Dentro de las pruebas más rutinarias en un transformador se encuentra la de relación de transformación, esta prueba en tema más generales, determina entre el número de vueltas del devanado primario y el secundario, es decir, determina si la tensión suministrada puede ser transformada exactamente a la tensión deseada.

También tiene como objetivo verificar la polaridad y la relación de transformación de los devanados de un transformador, para asegurar que no existe corto-circuitos entre espiras ni errores en las conexiones de boquillas y cambiadores de derivaciones. También se puede detectar falsos contactos y circuitos abiertos. Respecto a la polaridad, permite verificar el diagrama de conexión de los transformadores o determinarlos cuando la placa se ha extraviado.

Básicamente existen tres métodos para determinar la relación de transformación de un transformador:

1. Método de los voltímetros
2. Métodos de los potenciómetros
3. Método del transformador patrón. Transformer turn radio (**ANEXO 8**)

Solo se mencionará el método del transformador patrón (TTR); ya que es el método más usado y conveniente para determinar la relación de transformación en un transformador, por ser el más exacto y no se requiere exceso de instrumentación como en los dos anteriores.

-Protocolo de seguridad

El siguiente ensayo se encuentra fuertemente ligado a las siguientes normativas:

- IEC-1010-1, requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.

- IEC 61378, el diseño y la prueba de transformadores de potencia destinados a la integración en plantas de convertidores de semiconductores.

- IEEE 62-1995 para pruebas de diagnóstico de campo de aparatos de energía eléctrica.

- Mutual de seguridad y la Achs, las cuales, son utilizadas para el protocolo de seguridad.

Dentro de este ensayo se realizará intervención directa dentro del sistema, el sistema se encontrará desconectado pero como se menciona en las 5 reglas de oro, el sistema se encontrará energizado hasta que se demuestre lo contrario:

-Verificar que el sistema se encuentre sin energía, esto se realiza mediante una revisión al panel auxiliar de fuerza, el cual, debe poseer sus protecciones indicando "off" y el botón de emergencia debe encontrarse presionado evitando que el sistema entre en funcionamiento.

-la baliza no debe mostrar ninguna indicación lumínica así demostrando que el sistema se encuentra apagado.

-Los seccionadores deben encontrarse abiertos.

-Comprobar mediante la pértiga de ausencia de tensión, que el sistema se encuentra sin energía.

-Utilizar pértiga de descarga para los componentes activos que serán los transformadores, conectando la pértiga a tierra y tocando los componentes activos.

-Desconectar toda conexión de alimentación que llegue al transformador y aislar estos conductores de tal manera que si se activa la energía no ponga en riesgo al personal.

Al momento de realizar el ensayo se debe utilizar el siguiente material de protección EPP:

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes composite. (**ANEXO 2**)
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga salvamento (**ANEXO 4**).

Dentro de los peligros que se pueden encontrar se encuentra el riesgo de caída producto del trabajo en altura, esto es debido a que el transformador monofásico, el cual, se encuentra en altura con un difícil acceso.

-Utilizar escalera de dos tramos que posee la universidad, posicionándola correctamente en el piso y que las gomas de la escalera produzcan un buen agarre,

-Fijar escalera cerca del transformador sin impedir el paso de las herramientas a utilizar.

-Seguir reglas mencionadas en riesgo de altura del protocolo de seguridad general.

Este punto necesita de los siguientes materiales para la realización de trabajo en altura:

Materiales:

- Arnés de seguridad.
- Escalera dos tramos multiuso.
- Casco.

Estos materiales deben usarse en conjunto con el anterior mencionado, ya que, este solo contempla el riesgo en altura.

2.2.3.1 Ensayo de Relación de transformación

<u>Objetivo:</u>

Determinar la relación de transformación del lado de alta con respecto al de baja o viceversa.

Se mide la tensión producida en el lado primario al secundario o del secundario al primario, comprobando los datos de placa de relación de transformación, mediante las formulas descritas.

Para tener la relación de transformación en uno de nuestros equipos disponibles se podrá expresar de forma matemática, donde, la más común y la que con anterioridad al ensayo se podrá realizar es; la cual se toma el voltaje primario y se divide el voltaje secundario solo en el caso de tener estos datos de no ser así se realizará el ensayo a secas, también se tiene las siguientes:

$$a = \frac{V1}{V2} \approx \frac{N1}{N2} \approx \frac{I2}{I1}$$

Dónde:

A= relación de transformación.

V1= tensión del devanado primario.

V2= tensión del devanado secundario.

N1= números de espiras primario

N2= número de espiras secundario

I1= corriente del devanado primario

I2= corriente del devanado secundario

Como podrá observarse de la formula, el número de vueltas del primario y secundario son directamente proporcionales a las tensiones del primario y secundario e inversamente proporcionales a las corrientes de su mismo devanado.

Las normas establecen que la tensión nominal aplicada una bobina de los transformadores, todas las tensiones, no habiendo carga, deben estar dentro de un porcentaje de las tensiones nominales mencionadas en la placa. También establecen que todas las tensiones de las derivaciones aproximarse a la vuelta más cercana si la tensión por vuelta excede el medio por ciento de la tensión deseada. La prueba de relación de transformación verifica que estas condiciones se cumplan.

Tomando como referencia a NETA ATS 2003 e IEEE 62-1995

Dónde las Comparaciones de mediciones < 0,5% error porcentual con respecto al teórico (para cada derivación), se compara respecto al especificado en la placa por el fabricante.

- TTR

El T.T.R. opera bajo el principio de dos transformadores con la misma relación de transformación, que al conectarse en paralelo y ser excitados, con una pequeña diferencia relación de alguno circulando una corriente relativamente alta entre ambos. El TTR tiene la ventaja de al realizar la medición operara de manera totalmente automática, realizando la calibración internamente mediante su software.

El TTR es un instrumento práctico y preciso para analizar las condiciones de transformadores en los siguientes casos:

- Medición y verificación de terminales, derivaciones (taps) y sus conexiones internas.
- Determinación y comprobación de polaridad y continuidad.
- Prueba de rutina y detección de fallas incipientes.
- Identificación de espiras en cortocircuito.

-Conexiones

El equipo de prueba de relación de transformación (TTR), será monofásico capaz de medir por fase el transformador trifásico, el cual cuenta con dos cables de alta tensión (H) y dos cables para baja tensión (X). Generalmente ellos tienen marca de polaridad marcando con color rojo el positivo y negro el negativo, el TTR que se ocupara se debe comprobar su funcionamiento,

En el transformador trifásico a ensayar es yd (estrella en media tensión y triangulo en baja tensión) por lo que la prueba de relación de transformación se realizara en cada uno de las derivaciones del transformador y fase por fase de él, teniendo cuidado de conectar las fases correspondientes:

Para realizar la medición en la fase A, las conexiones del equipo de prueba deben realizarse en las boquillas de alta tensión (H1-H0) y en la boquilla de baja tensión (X1-X3), una vez realizada la conexión y comprobada la firmeza de la conexión, se procederá a encender el equipo (anteriormente verificado su funcionamiento), ya encendido se realizará el ensayo presionando el botón de test que posee, el instrumento se demorará unos minutos en entregar la medición.

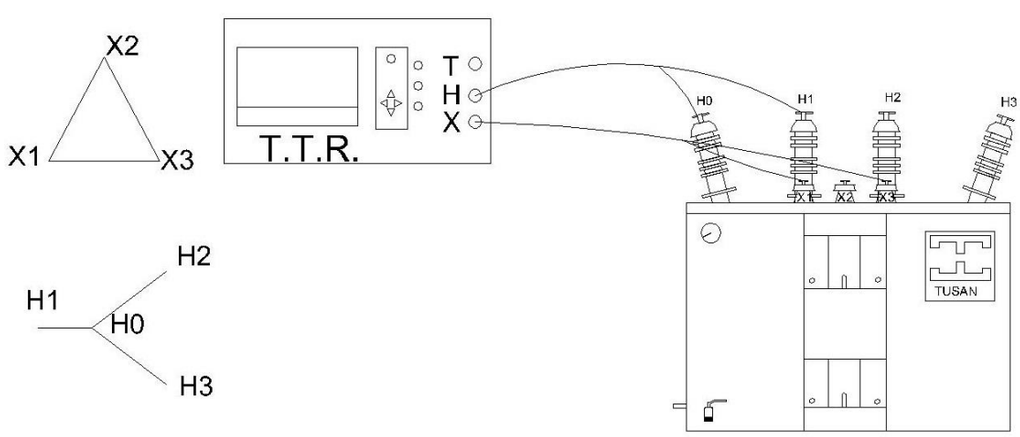

Figura 27. Conexionado fase A relación de transformación, Elaboración propia

Para realizar la medición en la fase B, la conexión del equipo de prueba debe realizarse en las boquillas de alta tensión (H2-H0) y en la boquilla de baja tensión (X2-X1), una vez realizada la conexión y comprobada la firmeza de la conexión, se procederá a encender el equipo (anteriormente verificado su funcionamiento), ya encendido se realizará el ensayo presionando el botón de test que posee, el instrumento se demorará unos minutos en entregar la medición.

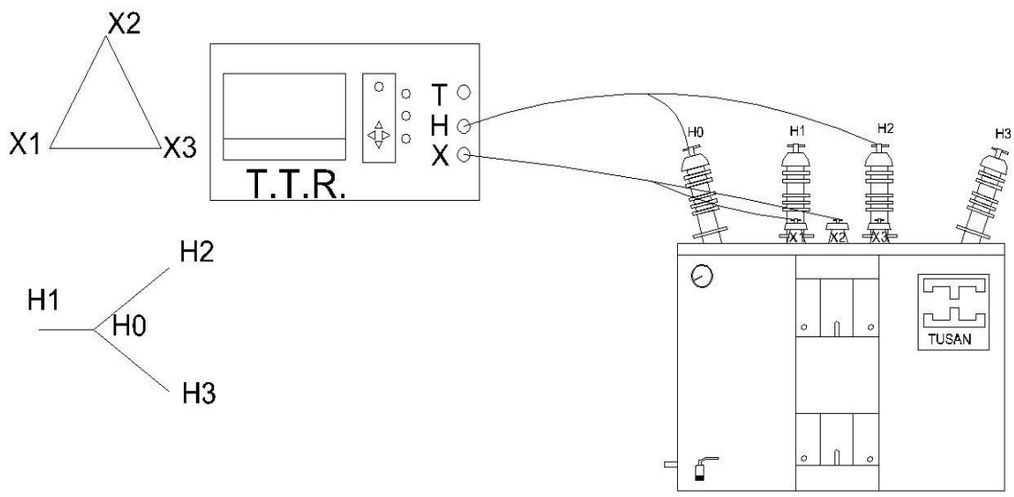

Figura 28. Conexionado fase B relación de transformación, Elaboración propia

Para realizar la medición en la fase C, la conexión del equipo de prueba debe realizarse en las boquillas de alta tensión (H3-H0) y en la boquilla de baja tensión (X3-X2), una vez realizada la conexión y comprobada la firmeza de la conexión, se procederá a encender el equipo (anteriormente verificado su funcionamiento), ya encendido se realizará el ensayo presionando el botón de test que posee, el instrumento se demorará unos minutos en entregar la medición.

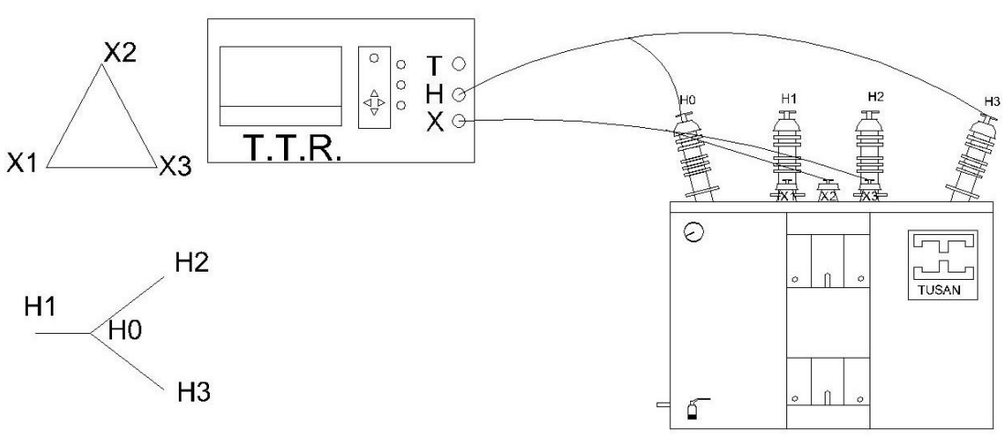

Figura 29. Conexionado fase c relación de transformación, Elaboración propia

Cada medición de relación de transformación se realizará por cada taps del transformador trifásico la cual junto a la corriente de excitación (ya dada por el instrumento) serán registradas en la tabla número 8.

	Fase A (H1-H2)(X1-X3)			Fase B (H2-H0)(X2-X1)			Fase C (H3-H0)(X3-X2)		
TTR	Relación de transformación		I exc.	Relación de transformación		I exc.	Relación de transformación		i exc.
	Esp.	Med.		Esp.	Med.		Esp.	Med.	
TAP1	33			33			33		
TAP2	33,83			33,83			33,83		
TAP3	31,35			31,35			31,35		
TAP4	29,7			29,7			29,7		
TAP5	28,88			28,88			28,88		

Tabla 10. Relación de transformación transformador trifásico, Elaboración propia

-Conexionado del transformador monofásico

Teniendo en cuenta que el transformador monofásico que se dispone a ensayar posee una conexión especial (de un polo en el lado de media tensión) por ellos de dispondrá de una conexión del TTR especial para él, la cual se especifica a continuación:

Al poseer solo una boquilla de alta tensión se conectará el positivo en la boquilla (H1) y la negativa ira en la tierra o común, mientras que en el lado de baja se conectará respectivamente en las boquillas (X1-X2), una vez realizada la conexión y comprobada la firmeza de la conexión, se procederá a encender el equipo (anteriormente verificado su funcionamiento), ya encendido se realizará el ensayo presionando el botón de test que posee, el instrumento se demorará unos minutos en entregar la medición.

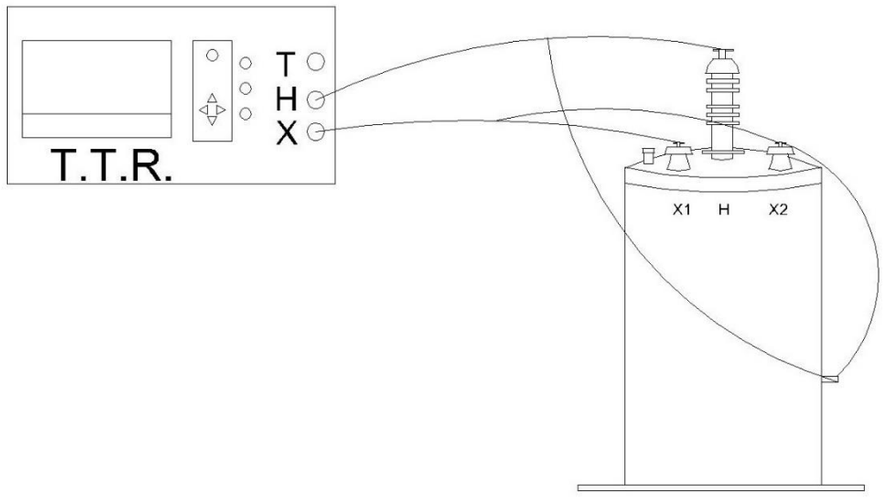

Figura 30. Conexionado fase A monofásico relación de transformación, Elaboración propia

Cada medición de relación de transformación se realizará por cada taps del transformador monofásico la cual junto a la corriente de excitación (ya dada por el instrumento) serán registradas en la tabla número 9.

	Fase A (H1-T)(X1-X2)		
TTR	Relación de transformación		I ecx.
	Esp.	Med.	
TAP1	33		
TAP2	32,3		
TAP3	30		

Tabla 11. Relación de transformación en transformador monofásico, Elaboración propia

-Interpretación de los resultados

Para interpretar los resultados será necesario calcular el porcentaje de diferencia que exista entre los valores reales y valores teóricos, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\%DIFERENCIA = \frac{VALOR\ TEORICO - VALOR\ MEDIDO}{VALOR\ TEORICO} \times 100$$

Una vez que se obtiene los resultados de prueba, y se observa que estos exceden el 0,5% de error permitido, se tiene que dictaminar cuál de las bobinas es la que tiene espiras en corto circuito, atendiendo la simple regla que se menciona enseguida:

Si la relación medida es menor a la placa de datos, el cortocircuito lo tendremos localizado en la bobina de media tensión.

Si la relación medida es mayor a la placa de datos, el cortocircuito lo tendremos localizado en la bobina de baja tensión.

Esto se debe a que al presentarse un cortocircuito entre espiras, estas se ven anuladas, lo cual representa una disminución de espiras trabajando, lo que ocasiona la alteración del resultado. Lo anterior lo podemos comprobar al utilizar la fórmula de la relación de transformación descrita párrafos antes.

Si N1 disminuye por tener espiras en cortocircuito, el resultado de la relación disminuirá, lo que demuestra que el devanado de alta tensión es el dañado.

Si N2 disminuye por tener espiras en cortocircuito, el resultado de la relación aumentara, lo que demuestra que el devanado de baja tensión es el dañado.

Finalizando el ensayo

-Verificar ausencia de tensión del equipo de ensayo.

-Descargar los bobinados mediante pértiga de descarga.

-Conectar conductores asociados a al sistema en ambos transformadores.

-Colocar la puesta a tierra en cada transformador.

-Retirar el vallado de la zona de trabajo.

2.3 ENSAYOS REALIZADOS

2.3.1 Inspección visual del sistema

La inspección visual se basa:

En el control de la puesta en marcha como primer elemento de juicio para dar la aceptación de una pieza individualmente o de un sistema en su conjunto, previo a la puesta en funcionamiento del mismo o bien como primer control para posteriormente realizar los siguientes ensayos concluyentes que darán el visto bueno para su correcta operatoria.

El motivo de esta inspección es antes de hacer cualquier ensayo encontrar alguna anomalía física dentro de los componentes del sistema de distribución que pudiera poner en el peligro a los operadores o a la totalidad del conjunto.

El lugar donde se realice el ensayo debe encontrarse debidamente iluminado para verificar de forma eficiente las fallas, así en caso de algún componente que presente algún daño poder verlo y corregirlo de una manera eficiente.

-Protocolo de seguridad.

Para el siguiente protocolo se utiliza un criterio propio respecto al estado de los componentes de manera de verificar su buen estado, este criterio es a base de materias reforzadas dentro de la carrera de técnico universitario en electricidad y a lo especificado por los fabricantes de dichos componentes.

La intervención dentro de este ensayo será mínima sin desconexión o conexión de componentes ni intervención en líneas vivas ya que el sistema se encontrará apagado, pero debe mantenerse el mismo protocolo al momento de comprobar si el sistema posee energía.

-Verificar panel auxiliar de fuerza con el fin de asegurar que el sistema no se encuentre encendido o que entre en funcionamiento cuando no debería, por lo que, se debe presionar la parada de emergencia para mantener el sistema inactivo.

-la baliza es una señal inequívoca de que el sistema se encuentra inactivo, por lo que, esta debe mantenerse apagada mientras dure el ensayo.

-Los seccionadores deben encontrarse abiertos por seguridad al momento de realizar el ensayo.

-Los transformadores deben descargarse con la pértiga de descarga de manera de evitar cualquier riesgo.

-Verificar la ausencia de tensión en todas las líneas mediante el probador de ausencia de tensión, el cual, es especificado su uso en el anexo de maniobras.

Los materiales de protección personal EPP a usar son los siguientes.

-materiales

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes composite (**ANEXO 2**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).

El uso de los anteriores materiales es preventivo, debido a que solo se buscar verificar el estado de los componentes por medio de la vista en componentes que se puedan ver afectados por el paso del tiempo, su uso o por la zona que se localizan son pasados a llevar.

El riesgo en altura sigue vigente dentro de este ensayo debido al transformador monofásico, ya que, sus componentes no son visibles desde abajo por lo que se recomienda el uso de la escalara para verificar su estado.

-La escalera al igual que indica el punto de protocolo en trabajo en altura en protocolo de seguridad general, debe encontrarse en un correcto punto de apoyo cercano al transformador.

-el uso de arnés debe ser obligatorio cumpliendo con la mutual de seguridad y la achs.

Los materiales para el uso en altura serán los siguientes:

- Arnés de seguridad.
- Escalera dos tramos multiuso.
- Casco.

Este ensayo es más leve debido a que no tiene una fuerte intervención pero el error humano puede hacer que este ensayo se convierta en riesgoso, por lo que, debe seguirse al pie de la letra todo punto de seguridad.

2.3.1.1 Ensayo de inspección visual

Objetivo:

Verificar que todo componente se encuentre sin ninguna de sus partes con fisuras, raspadas o abolladas.

Seguridad: la seguridad es un punto fundamental dentro de este proyecto de título, para lo cual, toda actividad realizada dentro de ella debe contener los respectivos cuidados:

No intervenir dentro de sistema sin antes verificar que se encuentre sin energía.

En caso de alguna falla presente que con lleve a una reparación inmediata debido a que no presente una dificultad mayor y que no necesite un estudio (conductor suelto, protección con algún daño o cambio de conductor) debe utilizarse materiales con su debida aislación para que al momento de realizar el trabajo no se presente ningún peligro.

Los EPP siempre deben estar presentes como son: cotona blanca de algodón, zapatos de seguridad, guantes aislantes de goma, casco antiparras y pértiga de salvamento.

La realización de esta prueba será solo visual para comprobar alguna falla de alguno de sus componentes como:

Carcasa: la cual puede presentar alguna abolladura o una de sus esquinas raspadas provocando un debilitamiento en su aislación (respecto a la pintura).

Aisladores: que no presente alguna grieta o abertura en algún punto de su pieza y que se encuentre correctamente conectado hacia al transformador.

Conductores: presencia de raspadura o alguna de sus hebras se encuentre cortada.

Seccionadores: algunas de sus piezas se encuentren sueltas o con algún desperfecto.

Pararrayos: si se encuentra con fisuras, con conductores dañados o con piezas de fijación descompuestas o mal instaladas.

Tableros: en estos se puede hallar algunos desperfectos en sus conexiones y o protecciones con daños.

Para lo cual debe realizarse esta inspección con una buena iluminación verificando, conductores sin una deficiente aislación y o desconectado producto de alguna intervención, y las protecciones sin una daño en su interruptor o quemadura en su punto de conexión.

-Concluyendo

El sistema en todos sus puntos no presenta desperfecto alguno en conexiones o componentes asociados a él.

En caso de algunos de estos desperfectos se debe dar aviso inmediatamente al encargado de laboratorio para que informe a sus superiores del estado de sus componentes en este sistema de distribución, ellos evaluaran de mejor forma si los componentes necesitan una reparación o cambio de los mismos.

2.3.2 Verificar valor de la resistencia de puesta a tierra en BT.

La puesta a tierra es uno de los elementos más importantes destinado a la protección de seres humanos, animales y cargas conectadas a la instalación contra las influencias de la corriente eléctrica.

La intención de poner a potencial de tierra partes conductivas accesibles activas y pasivas de elementos eléctricos es conducir el posible potencial eléctrico que puede generarse en caso de cualquier falla en las cargas eléctricas al potencial de tierra.

Se realizara una prueba de medición para la barra a tierra del lado baja tensión, de acuerdo por normas de mediciones de puesta a tierra Nch 4/2003 y Nseg 20 en 78, que especifican que periódicamente se deben realizar mediciones en las instalaciones de puesta a tierra para observar si en ellas se mantienen las condiciones de diseño, en periodos en lo posible no superiores a cinco años.

Con el siguiente ensayo se planea dar respuesta al estado de la barra en el lado de baja tensión con el fin de verificar que el tiempo no la degradará.

-Protocolo de seguridad

La norma asociada con la realización del siguiente ensayo corresponde con la normativa Nch 4/2003 la tablas de usadas en este punto se basan totalmente en esta normativa.

-El protocolo a desarrollar será cumpliendo las 5 reglas de oro como en los anteriores protocolos, verificando que el sistema se encuentre sin energía por medio del panel auxiliar de fuerza, todas las protecciones deben encontrarse indicando "off", la parada de emergencia debe mantenerse presionada así asegurar de que el sistema no entre en funcionamiento.

-la baliza debe estar apagada indicando que el sistema se encuentre sin energía.

-Los seccionadores deben encontrarse abiertos al momento de realizar el ensayo.

-Quitar cualquier conexión a la barra a medir aislando los conductores de manera que no presenten un riesgo.

Los materiales EPP a utilizar dentro de este ensayo serán los siguientes:

-Materiales

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes composite (**ANEXO 2**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).

Utilizando los anteriores pasos más los EPPs se mantendrá la seguridad dentro del ensayo.

Accidentes por trabajo en altura no son relevantes para este ensayo por lo que no se mencionarán en este punto.

Debe seguirse estrictamente los protocolos de seguridad presentados, con la referencia del protocolo general que presenta los puntos más importantes que son la intervención en líneas activas (5 reglas de oro) y los trabajos en altura.

Comenzando con el ensayo, se realizará mediante dos métodos el primero será con el uso del diagrama con el que cuenta el telurómetro geotest 2016 y el método del 62%.

Para ambos ensayos se utilizará el telurómetro GEOTEST 2016 (**ANEXO 9**), ya que se posee una mayor facilidad en su uso.

2.3.2.1 Ensayo medición respecto a masa o dos puntos

En este método se mide el total de la resistencia del electrodo en estudio más la resistencia de un electrodo auxiliar. La resistencia del electrodo auxiliar se considera muy pequeña comparada con la del electrodo en estudio y por tanto el resultado de la medición es tomado como la resistencia del electrodo en estudio.

-Medición respecto a masa o dos polos

Objetivo:

Verificar valor óhmico de la barra a tierra y que cumpla con la normativa vigente.

Este método consta de utilizar una referencia a masa cercana que aterrice dentro de la misma tierra donde está instalada la barra a medir.

-Materiales

- Telurómetro GEOTEST 2016 (**ANEXO 9**).
- Cableado del telurómetro.
- Flexómetro (cinta métrica) o regla de medir.
- Set de llaves punta corona.
- Huincha plástica aislante.
- Guantes de carretilla.
- Kit de herramientas.

-Para iniciar el ensayo se necesita raspar un perno que se encuentra ligado a la estructura del laboratorio, el cual funcionará como masa.

-Desconectar la toma a tierra desde el punto de puesta a tierra (prensas), desconectando cada conexión que posee con las llaves de punta corona.

-Tomar cada punta de cableado extraído y cubrir con huincha plástica aislante para que no tenga contacto con la barra y modifique la medición.

-Conectar la sonda roja (S) de potencial y azul (H) de corriente a masa que es el perno de la estructura, debe rasparse bien la superficie del perno para luego fijar bien las tenazas del equipo para y que tengan un óptimo punto de contacto.

-Se conectan las sondas negra (ES) y verde (E) del telurómetro a la barra a tierra ubicada debajo del panel monofásico, que es la puesta a tierra a medir.

-Preparamos las perillas del telurómetro para medir resistencia (earth 2 wires).

-Luego de tener las sondas conectadas y el telurómetro preparado se sitúa a realizar el ensayo, presionando el pulsador (go) del telurómetro, se esperara por un lapso de tiempo hasta que aparezca la medición en la pantalla de él.

- Registrar datos medidos y compararlos con la tabla 10.24 de la norma Nch 4/2003.

La conexión a realizar será la siguiente, la cual se tomó como base de la información que entregaba el telurómetro:

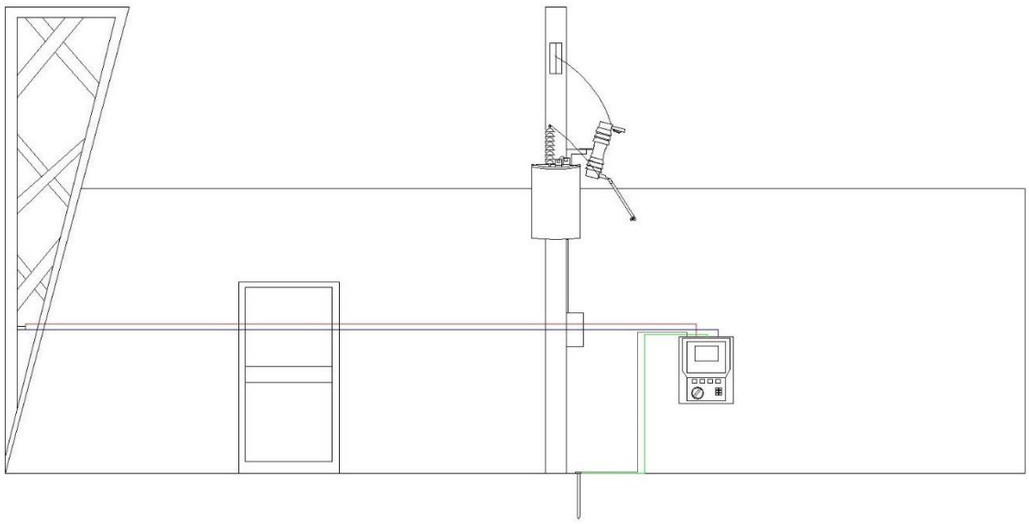

Figura 31. Esquema de montaje dos puntos, Elaboración propia

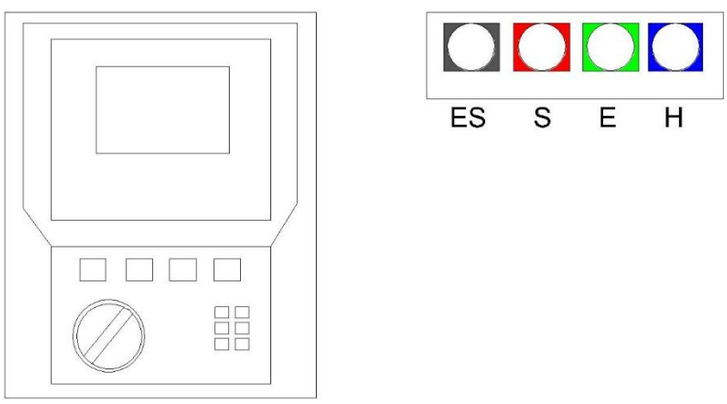

Figura 32. Esquema de conexiones del instrumento, Elaboración propia

Luego se procederá a registrar el dato obtenido en la siguiente tabla

Valor de resistencia según tabla 10.24 de la norma barra entre 1 y 2(m). (Ω)	Valor de resistencia medido
Entre 40 y 70	96,9 [Ω]

Tabla 12. Registro de datos, cortesía Nch 4/2003 n°1

Debido a que este método puede falsear el dato de resistividad no es confiable para tomarlo como el valor de la barra.

El valor obtenido proporciona una duda acerca del estado de la barra pero como el método utilizado esta aferrado a errores este valor solo se tomara como referencia.

2.3.2.2 Ensayo con método del 62% o 3 puntos

Con el fin de obtener el valor óhmico de la barra de una manera más exacta, este método consta en la utilización de dos electrodos (o "picas") auxiliares para permitir la inyección de corriente y la referencia de potencial 0 V. La posición de dos electrodos auxiliares, con respecto a la toma de tierra a medir E(X), es determinante.

Para realizar una medida correcta, la "toma auxiliar" de referencia de potencial (S) no tiene que estar clavada en las zonas de influencia de las tierras E y H, creadas por la circulación de la corriente (i).

Estadísticas de campo han demostrado que el método ideal para garantizar la mayor precisión de medida consiste en colocar la pica S a 62 % de E en la recta EH.

Conviene luego asegurarse de que la medida no varía o poco moviendo la pica S a ±10 % (S' y S") a cada lado de su posición inicial en la recta EH.

Si la medida varía, significa que (S) se encuentra en la zona de influencia. Se debe por lo tanto aumentar las distancias y volver a realizar las medidas.

Este método permite un valor del electrodo a tierra más acertada que la medición con dos puntos.

La finalidad es obtener el valor real de la barra para verificar su estado, ya que, la barra es un punto fundamental dentro del sistema considerando que es un sistema por retorno a tierra

-Método del 62% o 3 puntos

<u>Objetivo:</u>

Verificar valor óhmico de la barra a tierra y que cumpla con la normativa vigente.

Materiales

- Telurómetro GEOTEST 2016 (**ANEXO 9**).
- 4 Cables del telurómetro rojo, verde, azul y negro.
- Flexómetro (cinta métrica) o regla de medir 30metros.
- Set de llaves punta corona milimétricas.
- Huincha plástica aislante.
- Kit de herramientas.

- 2 picas auxiliares.
- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.

-Adquirir todo el equipamiento necesario para realizar el ensayo.

-Realizar la desconexión de la barra a medir, desconectando todo lo que se adjunte a ella con las llaves (numero 10).

-conectar los conductores negro (ES) y verde (E) a la barra a medir, luego se lleva los conductores a conectar al instrumento a sus puntos identificados.

-se lleva una estaca fuera del laboratorio y se clava en el punto más cercano a la tierra esta corresponderá al 62%, luego de clavar la estaca, la cual, estará enterrada hasta 20cm, se mide con la cinta métrica desde la barra a medir la que se encuentra abajo del transformador monofásico y se lleva hasta la estaca enterrada fuera del laboratorio, esta medida corresponde a 25m.

-Luego de obtener la medida de 25m se realiza la regla de tres simples para obtener el valor al 100%.

$$\frac{25m}{xm}\ \frac{62\%}{100\%} = 40m$$

-Obteniendo como valor de la medida completa 40m, por lo que, ahora se toma el valor de 25m y 40m y se restan para obtener los metros a los que se debe llevar a la segunda estaca.

$$40m - 25m = 15m$$

-El valor a llevar la segunda estaca será de 15m por lo que desde la primera estaca se mide en línea recta hasta llegar a los 15m y así cumpliendo con los 40m calculados, luego se clava la segunda estaca.

-Por último se lleva los dos conductores asignados ya conectados al instrumento a cada una de las barras el rojo (s) se lleva a la primera del 62% y el azul (H) se lleva a la segunda barra del 100% estos extremos de los conductores poseen pinzas y en cada estaca y barra se le aplico un pequeño raspado con la misma pinza para que tenga un mejor contacto.

-La conexión a realizar será la siguiente para el ensayo ya antes explicado:

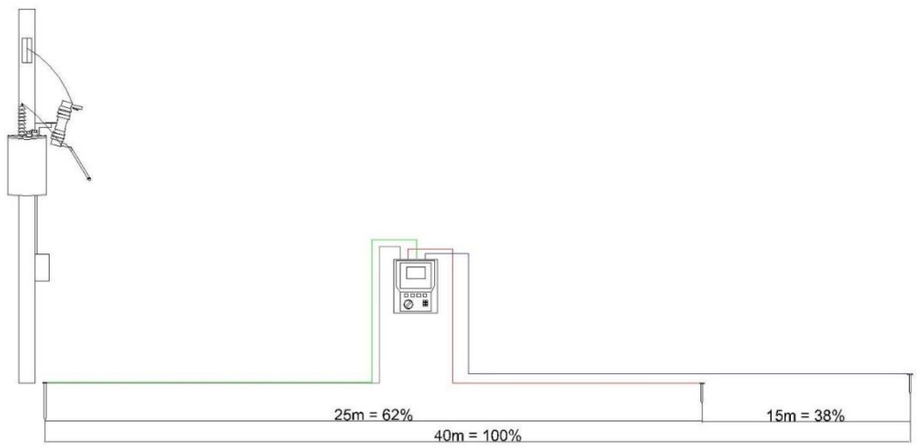

Figura 33. Conexión geotest 62%, Elaboración propia

-Con el instrumento preparado para las 3 barras (este instrumento solo necesita la configuración a tres puntos para aplicar conexión sin ninguna otra intervención del usuario para su configuración) se presiona el botón "go" luego se espera unos segundos para obtener la medición, la cual, indico un valor resistivo de 93,4[Ω] la que al comparar con la normativa cuenta como una mala resistividad, por lo que, se llevó la barra del 62% a 1m mas, dentro de las capacidades que poseía el conductor, ya que, no podía estirarse más allá de eso y se realizó un nuevo cálculo de la regla de tres ahora con 26m.

$$\frac{26m}{xm} \quad \frac{62\%}{100\%} = 42m$$

-Dando como resultado 42m como 100%, ahora se toma los valores de 42m y 26m y se restan para obtener el valor a llevar la segunda estaca.

$$42m - 26m = 16m$$

-Luego se lleva la segunda estaca a 16m de la primera realizando la misma función con las pinzas para tener mejor contacto.

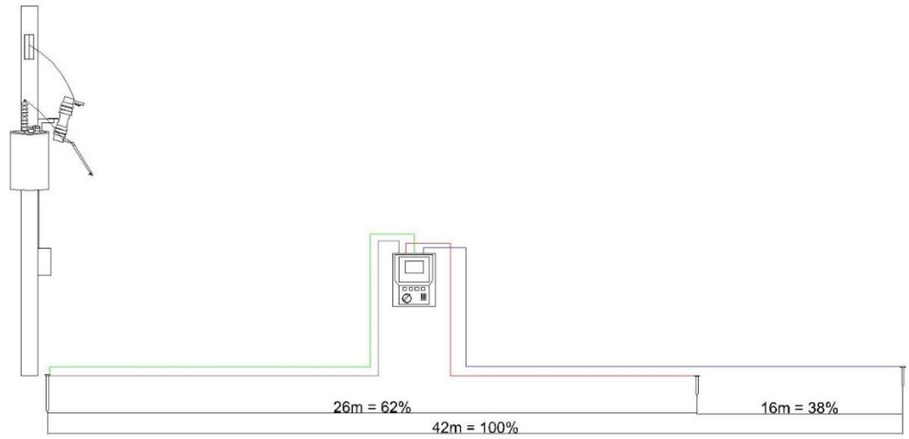

Figura 34. Conexión geotest 62% n°2, Elaboración propia

-Se presiona el botón "go" del instrumento para realizar la medición dando como resultado 92,2[Ω].

-Registrar datos medidos y compararlos con la tabla 10.24 de la norma Nch 4/2003

Luego se procederá a registrar el dato obtenido en la siguiente tabla

Valor de resistencia según tabla 10.24 de la norma barra entre 1 y 2(m). (Ω)	Valor de resistencia medido
Entre 40 y 70	92,2 [Ω]

Tabla 13. Registro de datos, cortesía Nch 4/2003 n°2

-Concluyendo

La barra Cooper, su tiempo de duración es menor, ya que, es de acero recubierta con capas de cobre (como si fuera pintada) esta capa sucumbe con la humedad y el daño que recibe al clavarle en el terreno, esto hace que se oxide y después de 5 años solo su deterioro es casi completo. Aumentando su resistencia considerablemente y ya no cumpliendo su objetivo.

Esto hace destacar más el valor obtenido en las tres mediciones indica una resistividad muy deteriorada, por lo que, se debe cambiar la barra de la misma longitud y estructura física a la ya existente, esto es debido a que anteriores mediciones realizadas por el ex alumno Fernando Antonio Espinoza Espinoza la barra instalada presento una resistividad de 64,7[Ω] demostrando que la barra se encontraba cumpliendo su función pero que por el tiempo se deterioró.

La barra escogida en la creación del sistema de distribución en el lado de baja es de ¾'' de 3 metros de largo del tipo Cooperweld, encamisadas en PVC los primeros 20 centímetros.

CAPÍTULO II

MANIOBRAS

1. CONEXIÓN

1.2 SEGURIDAD CONEXION

La seguridad es uno de los puntos más importante dentro de este proyecto cumple con la finalidad de proteger e informar al operador o usuario de los riesgos que puedan correr dentro de la instalación, por esto antes de comenzar con las maniobras se comenzara explicando el protocolo de seguridad a seguir y a continuación vendrá el estudio para la construcción de un cierre perimetral que permite alejar al personal de partes activas que en este caso es para impedir el paso al transformador trifásico que se encuentra en el piso.

Como protocolo de seguridad a usar se presenta el siguiente, como las 5 reglas de oro se presentan como medida frente a la desconexión no se tomara en cuenta en su totalidad dentro de este punto, ciertos aspectos de estas reglas serán nombradas.

-Protocolo de seguridad

-Realizar toda actividad o ensayo con un profesor o instructor a cargo.

-Utilizar Epp indicado en las guías de maniobras en los anexos.

-Contar con equipos de salvamento en lugares despejados al momento de que el sistema se encuentre energizado.

-Utilizar valla de seguridad para cercar toda área energizada que se encuentre cercano a los estudiantes y que puedan poner en riesgo a los operadores.

-Seguir instrucciones de accionamiento de los paneles.

-Verificar cierre correcto de los seccionadores.

-Inspeccionar y comprobar los equipos a conectar en el sistema.

-Comprobar instrumentos de medición antes de utilizarlo.

-Verificar estado del sistema comprobando las tensiones en los paneles.

-Verificar que el sistema realmente se encuentra energizado por medio de la observación de las protecciones y con la utilización de la pértiga y el cabezal de ausencia de tensión.

-utilizar llave en la parada de emergencia y tener área despejada, en caso de emergencia.

Dentro de las maniobras se especificara el uso de cada componente y como el uso de una secuencia permite que los errores se reduzcan a la hora de realizar las maniobras.

El material de protección a utilizar es el siguiente:

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes nitrilo (**ANEXO 2**).
- Guantes composite (**ANEXO 12**).
- Sobreguante de cuero (**ANEXO 13**).
- Cabezal de maniobra (**ANEXO 14**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).
- Casco.
- Antiparras.

El material se diferenciara respecto a cada maniobra a realizar, estos materiales se encuentran en las guías de los anexos de maniobras, estos materiales son de forma general en uso.

Este punto hace énfasis a lo que es el punto de conexión, donde se busca la puesta en marcha al sistema y se muestra los cuidados a tener en cada punto.

1.2.1 Cierre perimetral

Para la realización del cierre perimetral se utilizó como base el pliego técnico numero 13 subestaciones y salas eléctricas el cual se basa en las normas:

- IEC 60076-SER ed1.0
- ANSI C57.12.00
- ANSI C57.12.20
- ANSI C57.12.70
- ANSI C57.12.80
- ANSI C57.12.90

Todas las normas anteriores están asociadas al pliego técnico numero 10 centrales de producción y subestaciones, el cual, establece las medidas a utilizar en la fabricación del cierre perimetral.

Se recomienda el uso de planchas de policarbonato para trabajarlo como cierre perimetral por su fácil manejo y la capacidad de permitir ver al transformador al ser transparente.

El pliego estipula la medida desde el equipo al cierre perimetral de 50 [cm] como mínimo y una altura de 2 [m], la realización de este cierre es con el fin de mantener la seguridad de los operadores, debido a que, el transformador se encuentra en un punto de fácil alcance en el piso y sin ningún tipo de barrera, lo cual, pone en peligro a la zona en que se encuentra el transformador para el personal.

La figuras que se muestran a continuación enseña las distancia en que se recomienda la construcción del cierre perimetral desde el transformador hasta llegar al cierre, la construcción del sistema de distribución que se encuentra cerca del transformador interfiere con el cierre en el punto del poste por lo que se tomará desde el poste hasta el transformador y luego 50 [cm] más desde el transformador hasta llegar el cierre, esto puntos quedarán más claro con los siguientes diagramas que se presentarán.

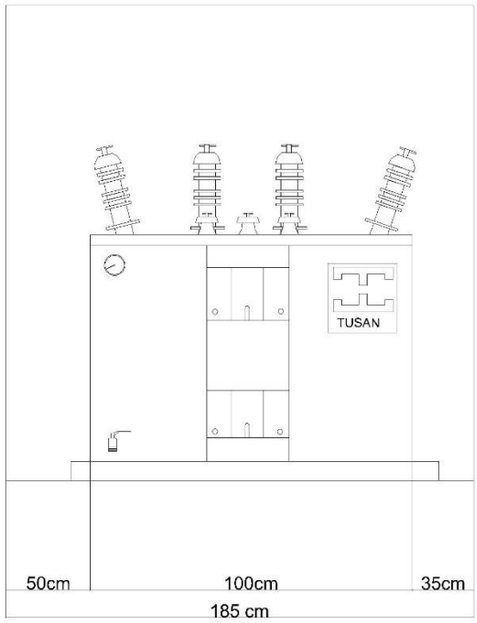

Figura 35. Vista frontal cierre perimetral, Elaboración propia

Estas son las distancias mínimas recomendadas por la normativa antes mencionada, los 50 [cm] estipulados por la norma no se cumplen en el lado derecho, ya que, cuando se fijará el transformador al piso no se contaba con la construcción de un cierre perimetral, el punto de los 35 [cm] es la cercanía del transformador a la muralla, por lo que, no es apto para cambios.

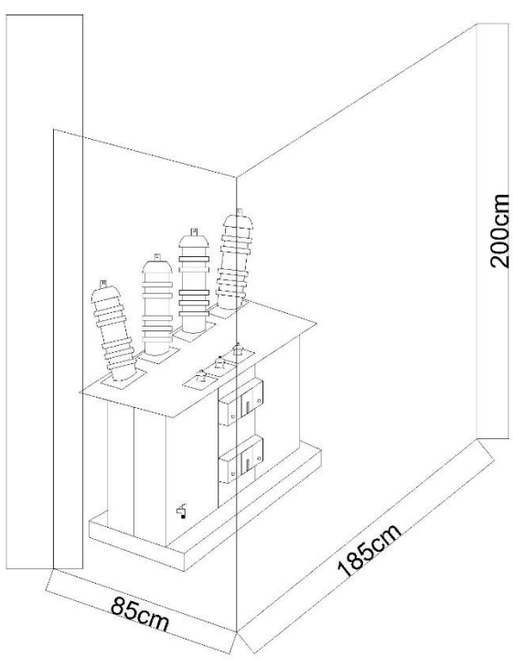

Figura 36. Isométrico cierre perimetral, Elaboración propia

Corresponde a las medidas del cierre perimetral respetando la normativa, el comienzo el cierre en el lado lateral inicia desde la mitad del poste CGE.

-Vistas de construcción cierre perimetral.

El cierre perimetral se dispondrá de la siguiente forma en su construcción:

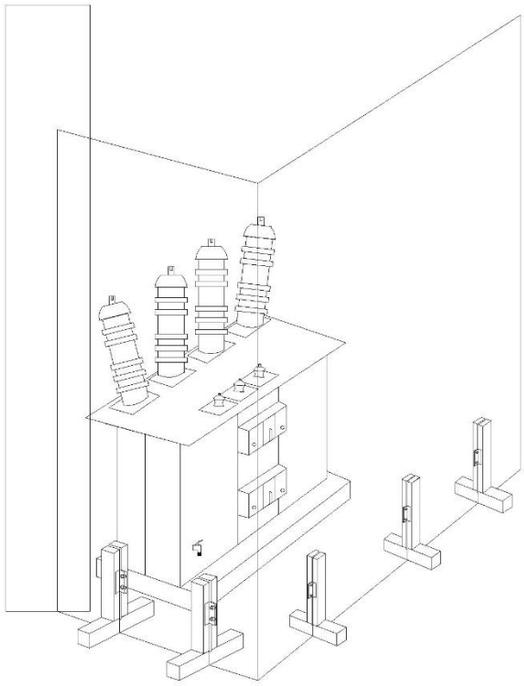

Figura 37. Isométrico con puntos de apoyo, Elaboración propia

La construcción como se muestra la imagen se realizará mediante la instalación de 5 pies los cuales se fijarán por medio de 2 pernos por pie de una medida de 1 ¾ de longitud con 8 [mm] de ancho con sus respectivas tuercas y golillas los cuales se unirán desde una lengüeta pegada en la pata creada pasando por el panel de policarbonato llegando hasta el agujero de la otra lengüeta y sujetándola con una tuerca.

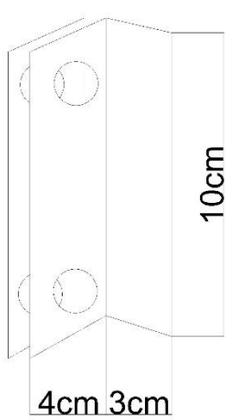

Figura 38. Lengüeta para pie del cierre, Elaboración propia

Esta se fijará al pie a la mitad de el a 10 [cm] de cada extremo del pie como se muestra en la siguiente imagen.

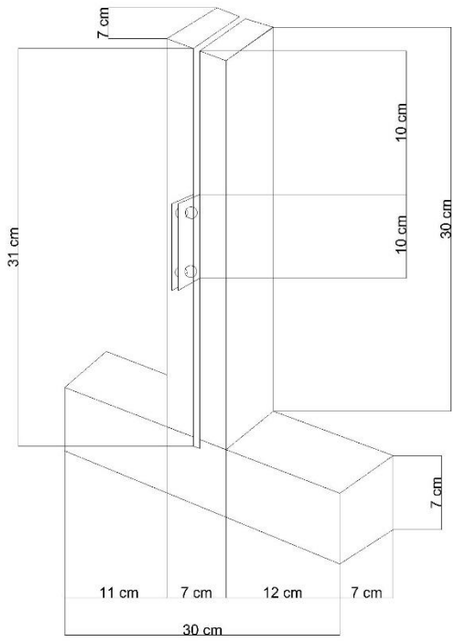

Figura 39. Pie de cierre perimetral isométrico, Elaboración propia

La imagen anterior muestra las medidas de fabricación del pie que hará de base para sujetar el cierre perimetral este se construirá mediante el mismo material de policarbonato creando dos rectángulo de 7x7 [cm] de ancho y de largo 30 [cm] con una perforación en medio del pilar central con el fin de calzar la plancha de policarbonato.

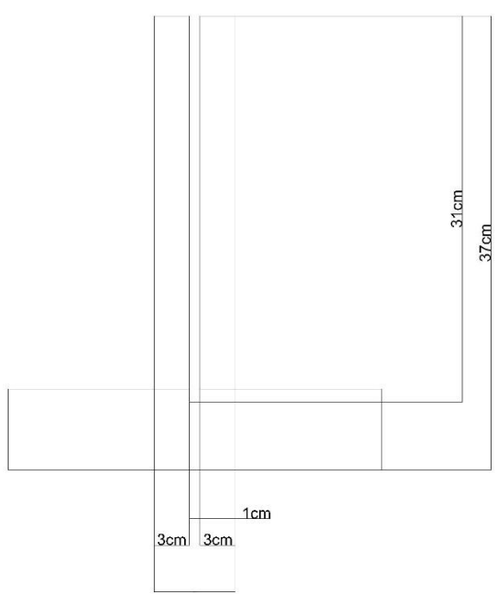

Figura 40. Pie de cierre perimetral vista frontal, Elaboración propia

El pie contara con una perforación en medio de 31 [cm] de largo y 1 [cm] de ancho como lo que posee de ancho la plancha esto, con el fin, de que la plancha se sujete en medio también posee 1 [cm] extra para un mayo agarre de la plancha.

A continuación se muestran las medidas de las planchas de policarbonato las cuales poseerán perforaciones que permitirán un mejor agarre en conjunto con los pies

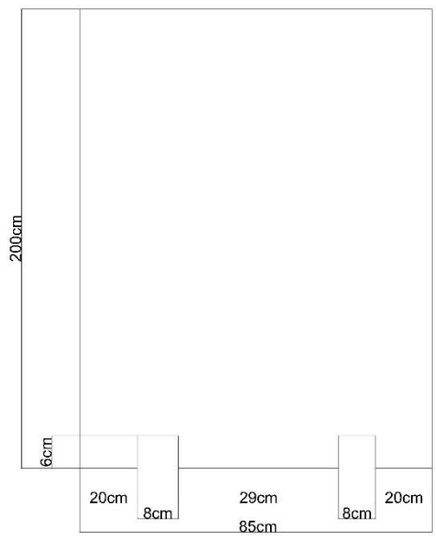

Figura 41. Vista lateral de plancha de policarbonato, Elaboración propia

En esta imagen se muestra las medidas de la plancha más las perforaciones de 8x6 [cm] que corresponde a donde encajará la base del pie como se ha mostrado en las anteriores imágenes.

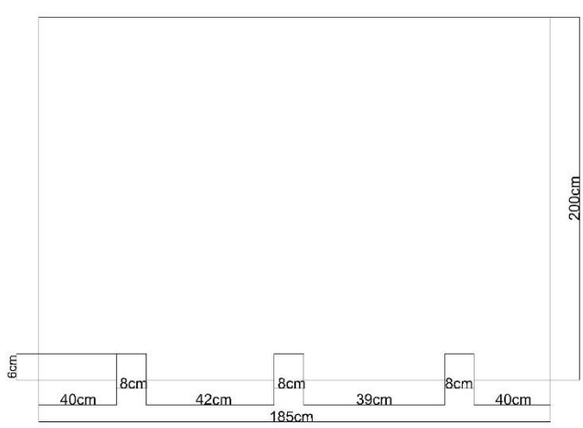

Figura 42. Vista frontal plancha de policarbonato, Elaboración propia

Vista frontal de la plancha donde muestra las ubicaciones de las perforaciones de los pies más las medidas totales de la misma.

Las cotizaciones hechas para las láminas de policarbonato se encontraran en los anexos (**ANEXO 10**)

1.3 PUESTA EN MARCHA

La función de una puesta en marcha es asegurar que los equipos instalados cumplan, respondan y funcionen correctamente de acuerdo a los estándares para los que se fabricó, mediante la realización, simulación y aplicación de pruebas pre-operativos a los equipos.

Al iniciar la puesta en marcha del sistema se deben tener resguardo en la comprobación de los componentes y su estado, los ensayos anteriormente nombrados buscan evaluar el estado de los transformadores y que funcionen correctamente, con ensayos de inspección visual, aceite, resistencia de aislamiento, relación de transformación y verificación de valor de la resistencia de puesta a tierra en BT.

Una vez realizado estos ensayos se puede asegurar el estado de los transformadores y si es seguro energizarlos, los paneles: de fuerza y monofásico son parte importante del sistema y se debe asegurar su correcto funcionamiento, por lo que, se debe verificar que el panel no se encuentre energizado sin que se le diera la partida al sistema por lo que se debe medir con el multímetro (unit-ut 202) las tensiones en los bornes del panel antes de energizar y después de energizar, por las terminaciones que posee el panel de fuerza se recomienda verificarlo mediante las luces piloto que se encuentran en la contra tapa del panel donde muestra las tres fases energizadas más la baliza que muestra el funcionamiento del sistema completo, mientras que el panel monofásico puede realizarse la medición de tensión luego de ser energizada, ya que, posee un fácil acceso.

Los criterios a usar en la puesta en marcha serán secuenciales comenzando con:

-La verificación de los seccionadores (que se encuentren debidamente cerrados)

-En las protecciones de cada panel (al medir la ausencia de tensión con el multímetro unit-ut 202).

-Vallar zona del transformador trifásico antes de energizar.

Luego de esos pasos se comienza con la energización del sistema:

-Verificar el lado del panel de fuerza que está asociado al sistema.

-accionar las protecciones del panel de fuerza.

-verificar el encendido de las luces piloto y la de la baliza.

-accionar protecciones del panel monofásico (antes de accionarlo debe realizarse las conexiones que requiera el operador, en el caso que se requiera realizar una prueba).

-verificar presencia de tensión en los bornes de las protecciones con el multímetro.

Cabe destacar que este sistema no partirá si no se posiciona una llave en la parada de emergencia ubicada en la base el panel de fuerza, esto como medida de precaución.

Las explicaciones de uso de los paneles se encuentran en el siguiente punto indicando las protecciones del panel de fuerza asociadas al sistema de distribución, secuencias de accionamientos de protecciones y distintos puntos que ayudaran a la comprensión de cómo manejar correctamente el sistema de distribución al momento de la puesta en marcha.

Para la puesta en marcha se debe seguir un protocolo de seguridad que mantenga al operador y a los estudiantes seguros.

1.3.1 Paneles

En el sistema de distribución de media tensión, se encontrarán disponible dos paneles (control y fuerza), uno para el sistema de elevación trifásico y el segundo para el sistema de reducción monofásica (retorno por tierra), cada uno especificado y dimensionados para el trabajo que va a realizar cada uno, tener en cuenta que el tablero de fuerza y control del sistema elevador trifásico se comparte con la protección general del simulador de líneas que se encontrara en el lado izquierdo del mismo tablero.

-Tablero distribución de fuerza del sistema trifásico (T.D.F)

Se compone de un tablero al costado del transformador elevador del sistema de distribución, el cual estará compuesto por una llegada de la alimentación desde el tablero general del taller, se llegan con un alimentador de THHN de 4 AWG a una protección de caja moldeada de 3x150 A, saliendo de el con un cableado súper Flex 4 AWG que llega a la barra de distribución, desde ella se distribuirá en varios circuitos, primero, sale de la barra con un cableado de súper Flex de 8 AWG hacia los bornes de la protección de 3x80 A que pertenece al transformador elevador, cual tiene un contactor de marca Mitsubishi de la serie S-N80 de 3x85 A, que tiene la función de partida directa hacia el transformador, teniendo en él una protección de 1x6 A, que también sale de la barra de distribución, continuada de la parada de emergencia remota con acción de llave, conectándose a ella el pulsador apagado (S0) en el tablero de control, siguiente a él se conectaran el contacto auxiliar de enclavamiento del contactor y el pulsador de encendido (S1) en el tablero de control, esta se dirigirán a la bobina del contactor y la baliza de señalización de puesta en marcha del sistema de media tensión (se encontrara sobre el transformador elevador), para luego volver por neutro, todo el cableado de control estará con TOX FREE de 〖2mm〗^2. Desde la misma barra de distribución con alimentador de THHN de 4 AWG se llegara a la protección de 3x150 A la cual será dirigida hacia el simulador de líneas. Ahora se llevará desde la barra con cableado TOX FREE de 〖2mm〗^2 hacia la protección de 3x6 A que esta será para el circuito “señal del generado”. Por último se alimentara una protección de 3x20 A con un alimentador TOX FREE de 〖4mm〗^2 el cual quedara disponible en el tablero.

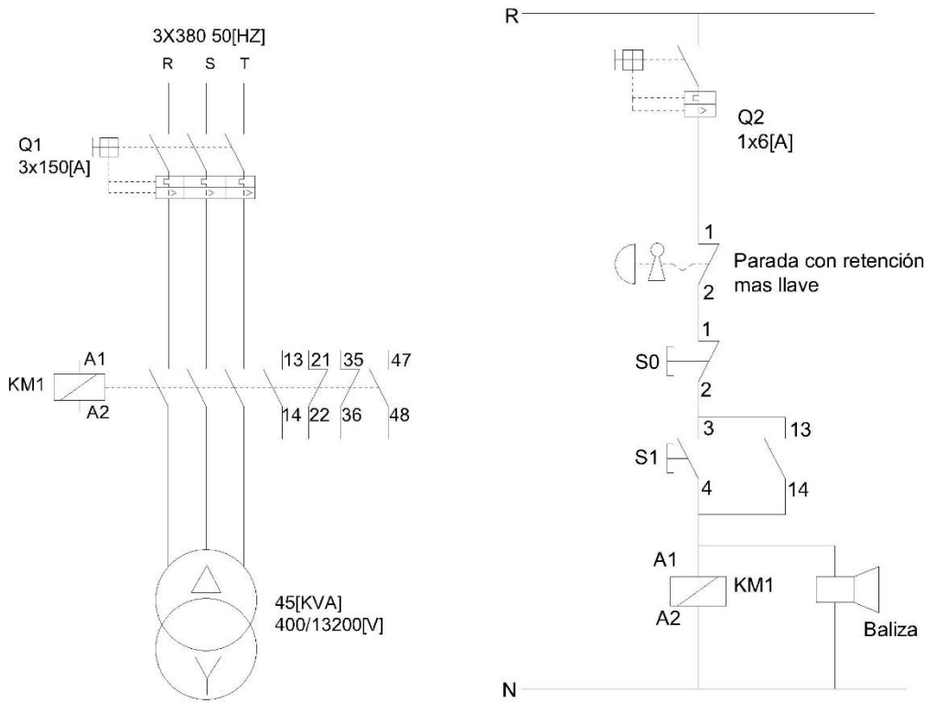

Figura 43. Esquema de fuerza y control partida tablero auxiliar de fuerza, Elaboración propia

Conociendo los diagramas correspondientes, lo primero que se realizará es la comprobación de que llegue alimentación midiendo tensión en la llegada del breaker general de 150 (A), la que tiene que ser de 3x380 (V), luego se activará el breaker antes mencionado, siguiendo con la activación del automático de 80 (A), luego se sigue con el accionamiento del automático de 1x3(A), al activar este automático tenemos el pulsador de partida del contactor de 85 (A) para poder Energizar al transformador trifásico de 45 (KVA) en baño de aceite (transformador de arranque).

Se comprueba que encienda la baliza mediante la partida del sistema, presionando el botón de partida alimenta el contactor que energiza este sistema de control por enclavamiento eléctrico, luego se verifica el encendido de la baliza la cual comenzará a emitir una luz y giro indicando su correcto funcionamiento, finalizando esta comprobación se detiene con el pulsador de parada, con esto se comprueba el correcto funcionamiento de la baliza, la partida y parada de alimentación para poder energizar el sistema.

-Tablero de distribución monofásico

Este tablero se encontrara instalado en el poste justo debajo del transformador monofásico reductor, alimentando con cable súper Flex de 12 AWG desde el transformador hacia el tablero se llegará a la protección de 2x16 A, de ella se llega a la protección diferencial de 2x25 A, este se conectara a sus respectivas borneras (más tierra), las cuales se encontraran disponibles.

1.3.2 Probador de ausencia de tensión

Aparato de uso manual que detecta si los componentes de la línea aérea de contacto y los asociados a ella se encuentran o no bajo tensión eléctrica y que detecta la ausencia o presencia de tensión de servicio mediante el electrodo de contacto (**ANEXO 3**).

Se compone del electrodo de contacto con el cual se induce por la presencia de tensión en la línea en que se posiciona, donde la línea se posiciona en medio de los dos electrodos para inducirse en ellos tensión de la red, esto provoca el encendido de sus tres luces de color rojo indicando así la presencia de tensión en la línea.

Antes de cada prueba debe realizarse un test, mediante el pulsador piezoeléctrico que posee el componente para verificar que las luces led enciendan, luego se puede verificar si funciona con la tensión de la red.

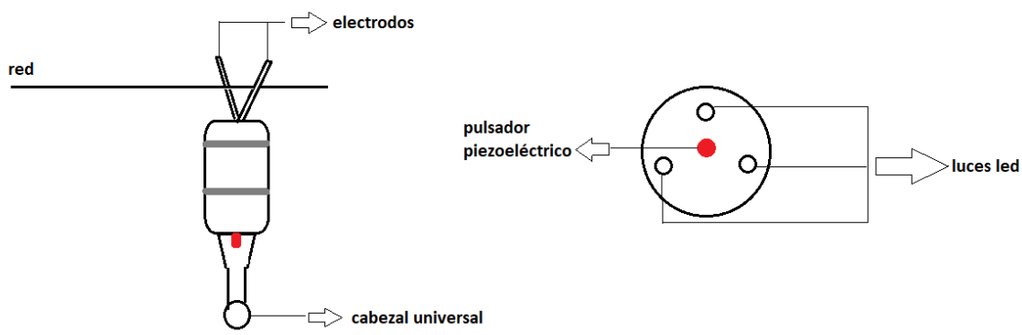

Figura 44. Probador ausencia de tensión, Elaboración propia

El probador de tensión con el que cuenta el laboratorio de electricidad es el VT-5/36-U que cuenta con las siguientes características:

-Gama de tensión: de 5 a 36 kv.

-Frecuencia: 50 Hz (consultar para otras frecuencias).

-Suministrado con un maletín de plástico rígido para almacenar y transportar el detector de tensión.

- Elemento de unión a la pértiga: conexión Universal.

El componente de ausencia de tensión debe ser utilizado por su debida pértiga para la conexión del cabezal universal y así alcanzar las líneas y tener al operador a una

distancia que no afecte a su seguridad, el pliego técnico numero 16 estipula una distancia mínima de 90 cm para 15 Kv pero por motivos de altura se dispondrán de pértigas de 1,75 m que son las que dispone el laboratorio de electricidad que poseen las siguientes características:

-Tubo de poliéster

-Fibra de vidrio de 32 mm

-Cuenta con obturaciones antihumedad en ambos extremos

-Guardamanos

-Empuñaduras

-Cabezal métrico M-10

-Tensión de trabajo de 45 Kv

-Comprobar la ausencia de tensión

Objetivo:

Detección de ausencia de tensión en conductores activos o inactivos, en el sistema de distribución de media tensión.

Se debe verificar la ausencia de tensión en todos los conductores que se encuentre en la zona de trabajo con el uso de pértiga y el componente de ausencia de tensión

Para realizar esta operación se utilizara el detector de ausencia tensión VT-5/36-U el cual se encuentra en el taller de electricidad.

Cuando se utilice este componente, hay que tener presente que es imprescindible comprobar su funcionamiento inmediatamente antes y después de que sea utilizado, esto se realiza mediante el botón piezoeléctrico el cual indicara una leve luz en los diodos emisores de luz del componente.

Se debe tener en cuenta el campo de utilización del detector que es la indicación de los límites de tensión inferior y superior entre los cuales debe usar el dispositivo, como se indica en el detector en la etiqueta del componente.

La instalación del componente en la pértiga debe ser mediante un ajuste en la punta de la pértiga, el cabezal del componente se atornillará al cabezal de la pértiga hasta que se encuentre apretado, la pértiga de 1,75 m no permitirá alcanzar las líneas por lo que se debe ajustar otra pértiga, así uniendo las dos pértigas alcanzando una altura de 3,5 m.

La actividad debe realizarse con los seccionadores abiertos, cerrados y con el sistema en marcha, ya que, se utiliza las 5 reglas de oro como guía, la cual, indica que todo sistema se encuentra energizado hasta que se demuestre la inexistencia de la energía eléctrica en el sistema.

La actividad dentro del sistema se llevó a cabo con éxito, indicando que el componente se encuentra en buen estado.

Al utilizar el probador de ausencia de tensión apretando el pulsador piezoeléctrico indica que las luces funcionan encendiendo las tres luces.

Al momento de probarlo con los seccionadores abiertos el componente no indico ningún efecto en los ledes, ya que, el sistema no se encontraba energizado. Cuando se cerraron los seccionadores se probó nuevamente sin tener indicación lumínica, esto es debido a que el sistema sigue sin energizar.

Luego se realizó con el sistema energizado acercando el componente a la línea entre los dos electrodos, indicando con sus tres ledes la presencia de tensión en el sistema, así demostrando la veracidad de la señal emitida por el componente.

Para efecto demostrativo se creó una guía de esta actividad la cual se encontrara en los anexos indicando seguridad y pasos a realizar.

Esta actividad se encuentra ligada a la puesta en marcha por lo que se debe seguir los criterios del punto 2.1 puesta en marcha.

1.3.3 Desconexión de los seccionadores

Un seccionador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación, garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico (linkografia generandowatts).

Estos cumplen con la función de separar las líneas aéreas de la conexión al transformador, en la vida real se utilizan como medio de seguridad para las líneas aéreas, para los trasformadores y para separar las líneas por secciones, sectores o ramales de un sistema de distribución según sea la necesidad.

Estos seccionadores serán del tipo Fusible Aéreo. Los seccionadores para media tensión, son del tipo monofásico, con un bastón aislante con capacidad de ruptura de 100 KA. Este último contiene el fusible hilo (cabeza-cola), con una capacidad máxima de 100 Amperes (bastón estándar). La tensión de servicio es de 13,2 Kv, siendo la clase de 15 Kv.

Los seccionadores de fusibles utilizados son de marca CHINT ELECTRIC modelo RW12-12/100 (bibliografía trabajo de título Jairo Lara).

Para realizar esta actividad es necesario contar con las dos pértigas conectadas entre sí, con un cabezal de maniobra para posicionarlo en el fusible y poder conectarlo mecánicamente.

Esta acción se realiza mediante un operador que utilizara la pértiga con el cabezal de maniobra, sujetando la zona designada de la pértiga para evitar cualquier riesgo.

El operador acercara el cabezal de maniobra a una circunferencia de metal con la que cuenta el fusible, levantando el fusible acercándolo al seccionador y con un leve movimiento se ejerce un apriete hacia el seccionador, con esto el seccionador se encontrara cerrado.

Para la apertura se debe tener en cuenta que el sistema no debe estar energizado al igual que al cierre, ya que, puede provocar un arco entre el seccionador y el fusible, provocando varios daños a la instalación y al personal que se encuentre en las dependencias de laboratorio de electricidad.

1.3.4 Sistema de distribución con la conexión de carga

La aplicación en carga es utilizada para simular una distribución de energía dirigida al componente, y así evaluar, en este caso, al sistema de distribución y realizarle las mediciones correspondientes para verificar el estado del sistema y su comportamiento con cierto tipo de carga (**ANEXO 11**).

Para esta actividad se utiliza la carga resistiva trifásica de 220 [V] 6.5 [A], en una conexión monofásica en paralelo tomando el valor óhmico total que otorga la carga con sus cuatro taps que es de 33,84 [Ω] tomando solo dos bobinados unidos en paralelo, el circuito a seguir es el siguiente:

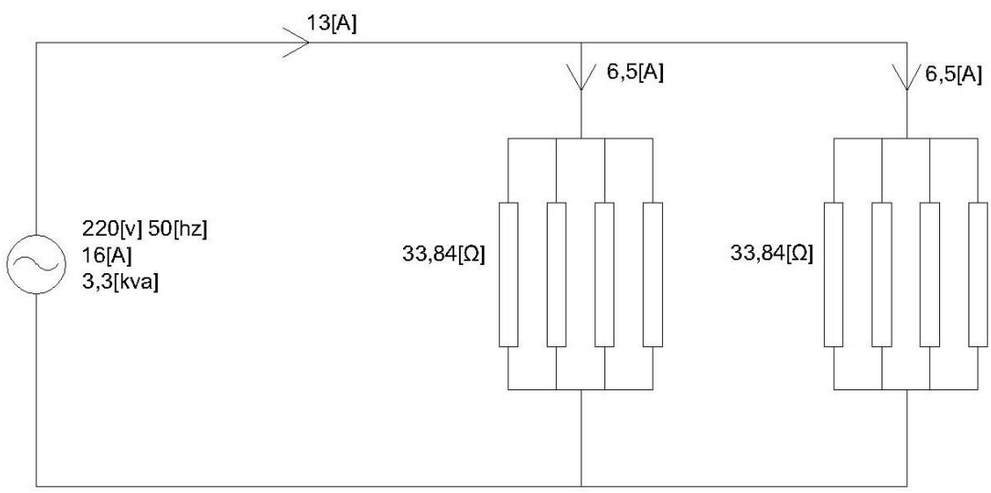

Figura 45. Circuito en paralelo a implementar, Elaboración propia

Se utilizará el multímetro unit-ut 202, por su amperímetro de tenaza, el cual, posee la utilidad de no intervenir directamente interrumpiendo la línea de distribución hacia la carga.

Cálculos:

$$\mathrm{R} = \frac{V}{I}$$

$$\mathrm{R1, R2} = \frac{220}{6{,}5} = 33{,}84\ [\Omega]$$

Se utiliza los datos nominales para el cálculo de resistencia total de los bobinados con todos sus selectores activados.

$$\mathrm{IT} = \mathrm{I1} + \mathrm{I2}$$

$$IT = 6{,}5 + 6{,}5 = 13$$

Siendo la IT la corriente total a circular por el circuito.

Los siguientes datos ayudaran a tener un resguardo ante fallas y no provocar daños en la carga o en el sistema.

Teniendo en cuenta que el panel del que se alimentara la carga será del monofásico, el cual, tiene como limitante la corriente de sus protecciones estos datos son mencionados en el punto 2.2 paneles.

Para registrar los datos obtenidos se utilizara la siguiente tabla:

Variables	calculados	registrados
It	13 [A]	
Vt	220 [V]	
IR2	6,5 [A]	
R1	33,84 [Ω]	
R2	33,84 [Ω]	

Tabla 14. Registro de datos de maniobra con aplicación de carga, Elaboración propia n°1

Luego de realizado los cálculos, llenar parte de la tabla de registro de datos y la elección de la carga se procede con el inicio de la actividad.

-Sistema de distribución con la conexión de carga

<u>Objetivo:</u>

Simular una distribución a diferentes consumos, con el fin de verificar tensiones y corrientes aplicadas al sistema.

Para el siguiente ensayo se usara el tablero ubicado en el poste que cuenta con el transformador monofásico, el cual, se encuentra implementado de forma tal que se puedan conectar cargas desde ese panel, que no superen la potencia otorgada por el transformador y posee otra limitante otorgado por las protecciones, ya que, al ser de

16[A] actuarán antes de alcanzar los 5kva por lo tanto solo se puede llegar a utilizar una potencia de 3.3kva, se recomienda utilizar una carga resistiva trifásica de 220 [V] 6.5 [A] para las pruebas a realizar en el sistema de distribución.

Funcionamiento:

-Se inicia con la verificación de presencia de energía eléctrica en los conductores de media, por medio de un detector de tensión ubicado en la punta de la pértiga, la cual, se acerca a la línea, esta se ubicará entre los electrodos del detector de tensión, en el momento que se realizó este acercamiento se llevó a cabo con los seccionadores abiertos, indicando así ninguna muestra de energía eléctrica en la línea.

-Una vez terminada la verificación de ausencia de energía, sigue la conexión al panel monofásico esto se realizara mediante la bornera vikigns con la que cuenta el panel para liberar un conductor fase más un neutro.

-Para esto se utilizara un cordón trifásico punta-horquilla para llegar desde el panel a la carga.

-La carga contara una conexión en paralelo con el fin de limitar la corriente que circulara por el circuito y proteger a las cargas.

-Cuando se terminan las conexiones se continua con los elementos de maniobra como los seccionadores los cuales tienen que conectarse, las protecciones deben encontrarse indicando on y debe prepararse la pértiga de ausencia de tensión cuando se de paso a la energía.

-Para dar paso a la energía se necesita posicionar una llave en la parada de emergencia, con esto la parada de emergencia se desactivara y permitirá usar el tablero, para energizar el sistema las protecciones del panel de fuerza ubicado al costado izquierdo del transformador trifásico deben encontrarse en posición on al realizar esta acción las luces del panel se encenderán indicando las tres fases activas y al apretar el botón on se encenderá una baliza arriba del transformador indicando el funcionamiento del sistema, todas las protecciones del lado izquierdo del panel corresponden al sistema de distribución, ya con todas las protecciones del tablero general arriba y el botón de marcha del tablero en posición on, se da paso al ensayo.

-Las protecciones del panel monofásico se suben (on) entrando en funcionamiento, la carga deberá accionarse en posición on y utilizarla como carga fija con todas sus selectores activos.

-Luego se procede a tomar datos de tensión dentro del panel monofásico, con el fin de verificar su tensión nominal, la corriente se medirá mediante el instrumento unit-ut202, ya que, posee una tenaza con la que no interfiere dentro de las líneas que suministran energía a la carga, así resguarda al estudiante de algún peligro.

-Finalizado la actividad se entregan los materiales y verifican los datos.

variables	calculados	registrados
It	13 [A]	13,8 [A]
Vt	220 [V]	237 [V]
IR2	6,5 [A]	7 [A]
R1	33,84 [Ω]	40 [Ω]
R2	33,84 [Ω]	40 [Ω]

Tabla 15. Registro de datos de maniobra con aplicación de carga, Elaboración propia n°2

-Concluyendo

La conexión de carga y la puesta en marcha se logró satisfactoriamente gracias al debido protocolo de seguridad y maniobras claras de conexión a implementar como se muestran dentro de todas las explicaciones e imágenes.

Los datos se encuentran dentro de lo esperado y queda la opción de conectar más carga pero con el cuidado de no llevar las corrientes más allá de lo mostrados.

2. DESCONEXIÓN

La desconexión dentro de un sistema de distribución es un punto crítico debido a la intervención directa del personal dentro de un sistema que ya se encuentra energizado, por lo que, estos pasos serán críticos y se deben seguir obligatoriamente en conjunto la secuencia que se enseñara dentro de este ensayo.

2.1 SEGURIDAD DESCONEXIÓN

La seguridad dentro del punto de desconexión se encontrara firmemente ligada a las 5 reglas de oro, ya que, se estará interviniendo un sistema activo, lo cual, si no se realiza de forma adecuada esta puede llevar a que el personal pueda salir con daños y el sistema se afecte producto de las malas maniobras realizadas por lo que el punto de seguridad se complementará con la desconexión con el fin de seguir una secuencia y así evitar cualquier tipo de daño.

-Protocolo de seguridad

Las 5 reglas de oro estarán presentes dentro de todo este punto por lo crítico de la maniobra.

-Realizar toda actividad o ensayo con un profesor o instructor a cargo.

-Utilizar Epp indicado en las guías de maniobras en los anexos.

-Contar con equipos de salvamento en lugares despejados.

-desconectar puntos más cercanos a la carga, como se demostrará en el desarrollo de la maniobra.

-señalizar que el sistema se encuentre energizado, con cinta de peligro.

-verificar presencia de tensión una vez desconectado los puntos

-una vez que no se detecte presencia de tensión se sigue con la desconexión completa de los enclavamientos como los fusibles de los seccionadores.

-se mantiene el sistema señalizado después del uso de este.

-El material de protección a utilizar es el siguiente:

- Cotona blanca.
- Zapatos de seguridad.
- Pértiga de descarga (**ANEXO 1**).
- Guantes nitrilo (**ANEXO 2**).
- Guantes composite (**ANEXO 12**).
- Sobreguante de cuero (**ANEXO 13**).
- Cabezal de maniobra (**ANEXO 14**).
- Probador ausencia de tensión (**ANEXO 3**).
- Pértiga de salvamento (**ANEXO 4**).
- Casco.
- Antiparras.

Estos puntos serán explicados a más detalle en las maniobras realizadas para la desconexión, estas maniobras deben realizarse obligatoriamente en la secuencia que se ha dispuesto en el protocolo anterior como en las maniobras de desconexión que siguen.

2.2 MANIOBRAS DE DESCONEXIÓN

Para ejercer la desconexión en el sistema de distribución se debe realizar mediante una secuencia, la cual, cumpla con estándares de seguridad para el encargado de la maniobra, de modo que permita desconectar todo instrumento, equipo y aparatos de maniobra de la mejor forma, por lo que, se debe seguir los siguientes pasos:

-Verificar estado de la carga

Se utilizara el multímetro unit-ut 202 con el fin de detectar la tensión en la carga, una vez obtenido los valores y verificar la presencia de energía eléctrica en la carga, se procede con la desconexión mediante el botón rojo ubicado en el lateral de esta.

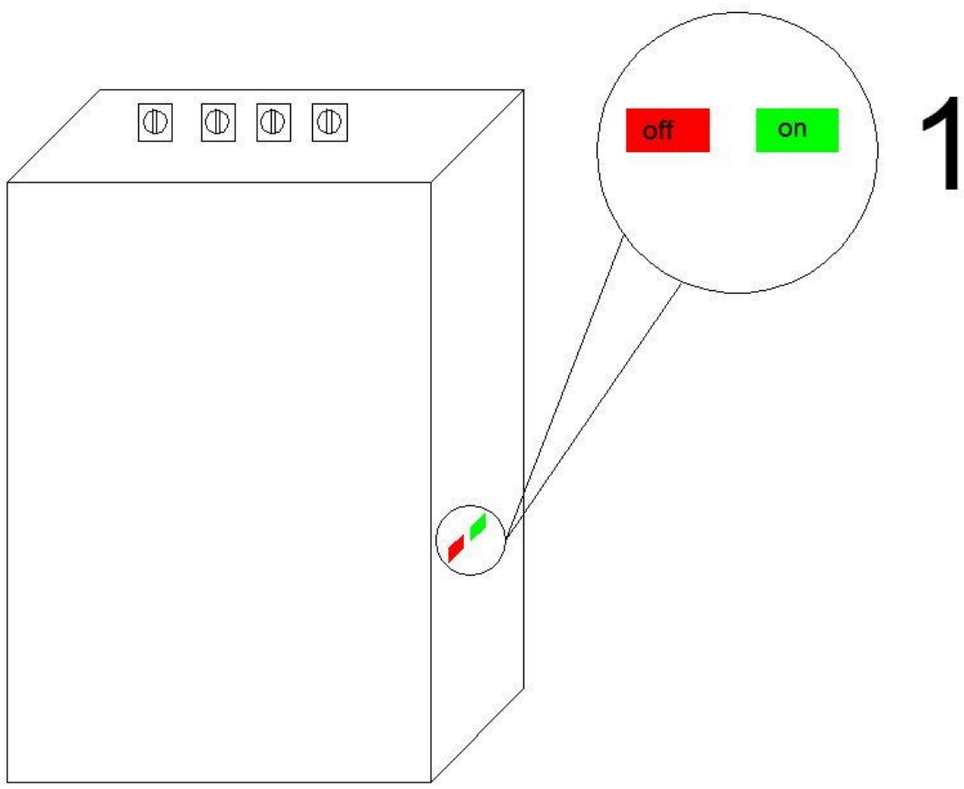

Figura 46. Carga resistiva, Elaboración propia

Esto provocara la desconexión de la carga pero aún se encontrará presente la tensión en los bornes de conexión de la carga, pero con esta acción se desliga la carga del circuito implementado y así evitar alguna falla que podría provocar accidentes dentro de las instalaciones.

-Panel monofásico

Para detener el paso de la energía hacia la carga las protecciones ubicadas dentro del panel deben encontrarse desactivadas esto lo realizara el encargado designado bajando las protecciones, luego con el multímetro unit-ut 202 se verificara el cableado

que llega hasta la carga conectando el multímetro en los bornes de la carga verificando la ausencia de voltaje, con este paso realizado se procede a la desconexión de la carga mediante el kit de herramientas que facilita el pañol del laboratorio.

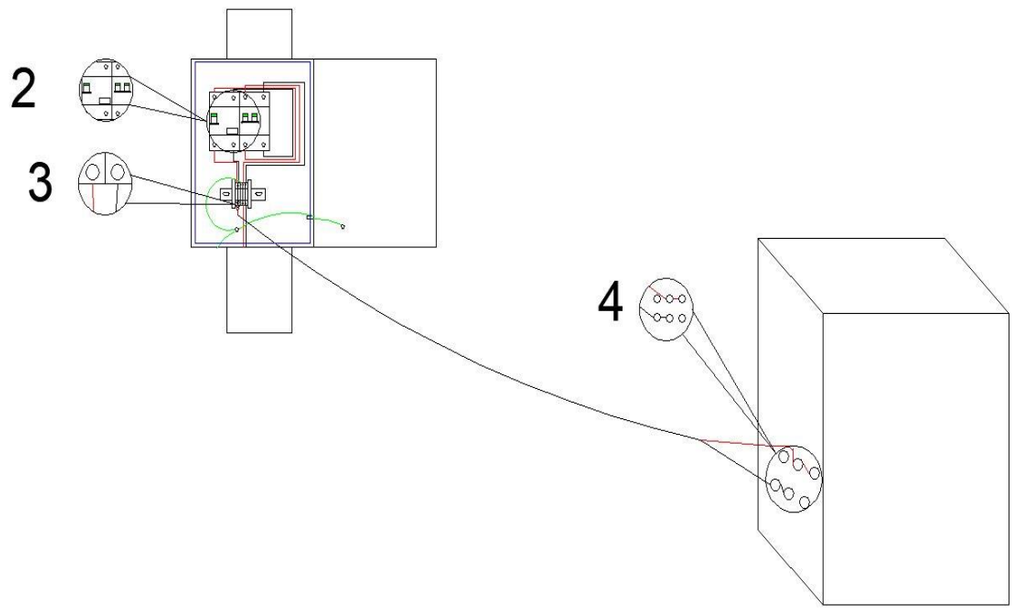

Figura 47. Conexión desde panel monofásico a la carga, Elaboración propia

Esta acción se debe realizar con la seguridad de que cada punto de conexión se encuentre sin tensión midiendo directamente dentro del panel y para mayor seguridad medir nuevamente en los bornes de la carga la cual debe presentar una tensión de cero o baja producto de remanentes que se puedan generar.

-Panel auxiliar de fuerza

Para desenergizar el sistema completo se debe desactivar todas las protecciones asociadas a la partida y control de los transformadores como lo muestra la figura 1 del punto 1.1 componentes, todo esto ubicado dentro del panel auxiliar, para desactivarlas se comienza presionando el botón de parada detrás de él se ubica un contactor, una vez hecho esto se bajan solo las protecciones asociadas a la partida del transformador, una vez terminado este punto se quita la llave de la parada de emergencia y se presiona para que quede retenida, esto con el fin de evitar el accionamiento del sistema sin personal autorizado.

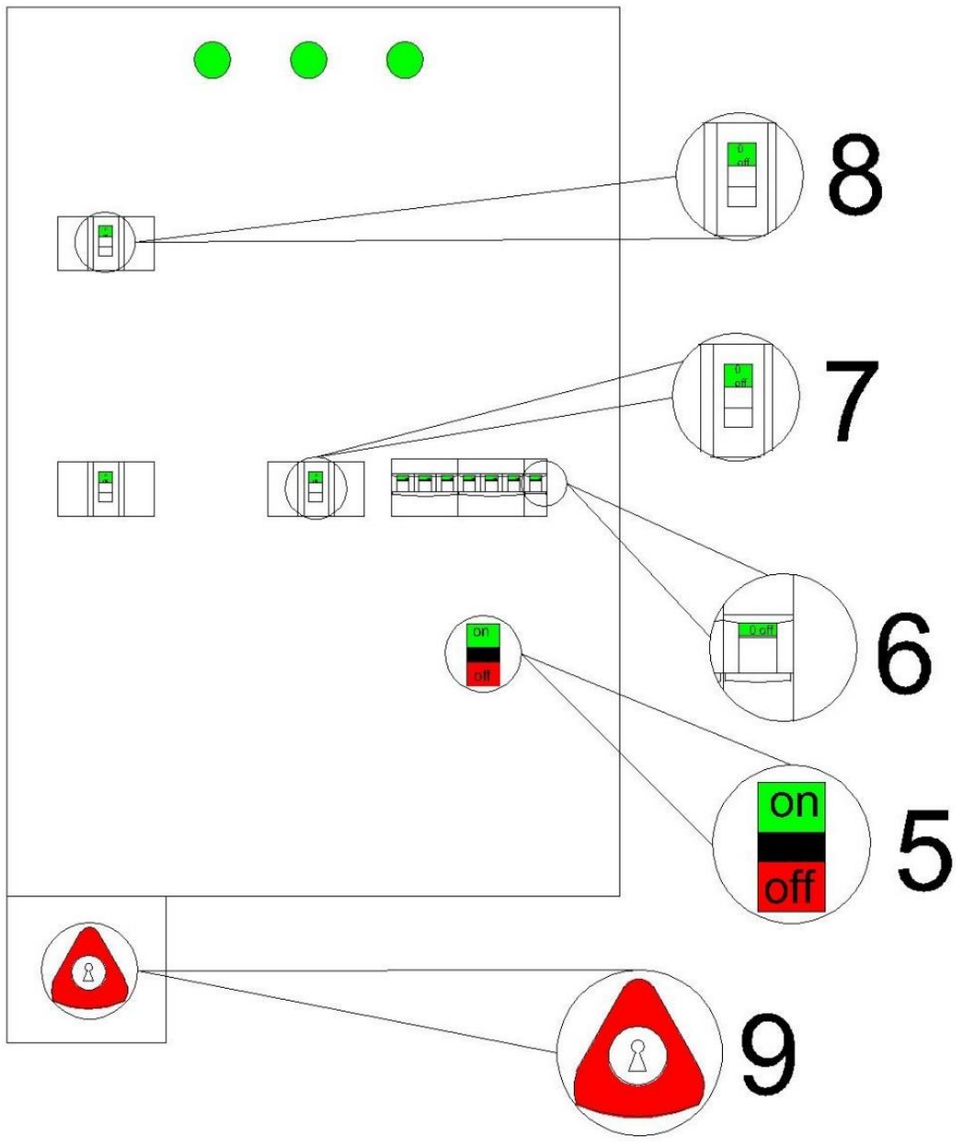

Figura 48. Panel auxiliar de fuerza, Elaboración propia

Los puntos a desconectar deben seguirse paso a paso así evitando algún problema o daño y la parada de emergencia debe dejarse presionada, con el fin, de evitar el accionamiento, esto es para la precaución de que el sistema no entre en marcha sin el personal autorizado.

-conductores aéreos

Una vez que el sistema se encuentre sin energía se procederá a verificar la ausencia de tensión en los conductores aéreos, esto se realizara con el uso de las pértigas más un cabezal de ausencia de tensión lo que permite corroborar que el sistema se encuentra sin energía.

El cabezal posee tres ledes, los cuales, encenderán al momento de percibir energía eléctrica en la línea, al estar todo el sistema desconectado no indicaría presencia de tensión por lo cual los ledes no encenderá demostrando la ausencia de tensión en la línea esto debe realizarse en las tres líneas.

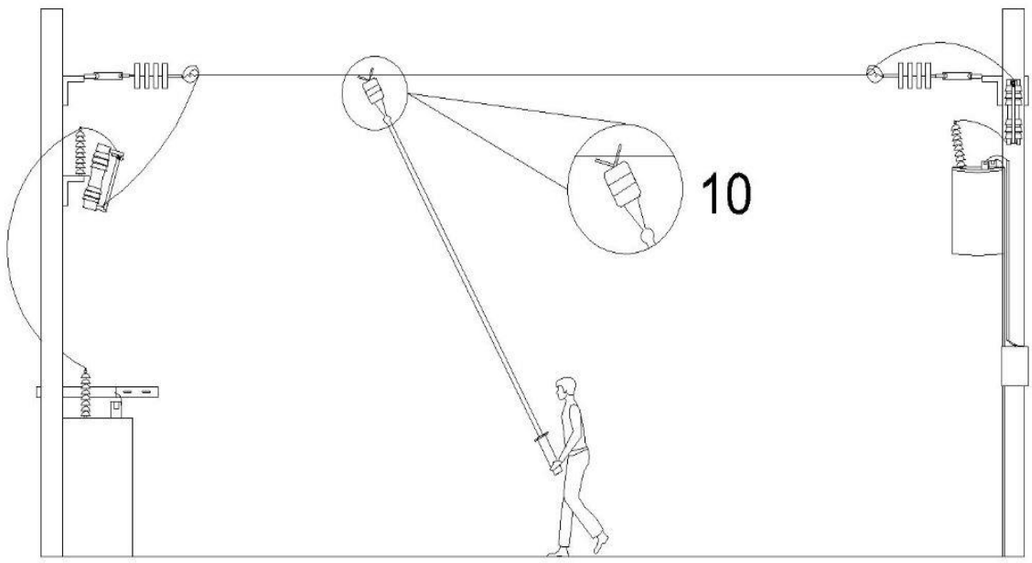

Figura 49. Verificación de ausencia de tensión, Elaboración propia

Se debe realizar este procedimiento en las tres líneas, ya que, producto de alguna falla o error en la secuencia de desconexión anterior no se realizará un paso y el sistema pueda encontrarse encendido produciendo algún desperfecto en el sistema o algún accidente al personal que hace uso del sistema de distribución.

-Seccionadores

Los seccionadores son un punto importante dentro del sistema, ya que estos permiten desconectar un punto para su mantención o intervención, los cuales, solo pueden ser desconectados o conectados cuando el sistema se encuentre sin energía eléctrica, por esto antes de desconectar los seccionadores (y mantenerlos desconectados por seguridad) se debe verificar la ausencia de energía lo cual se logró con los pasos anteriores.

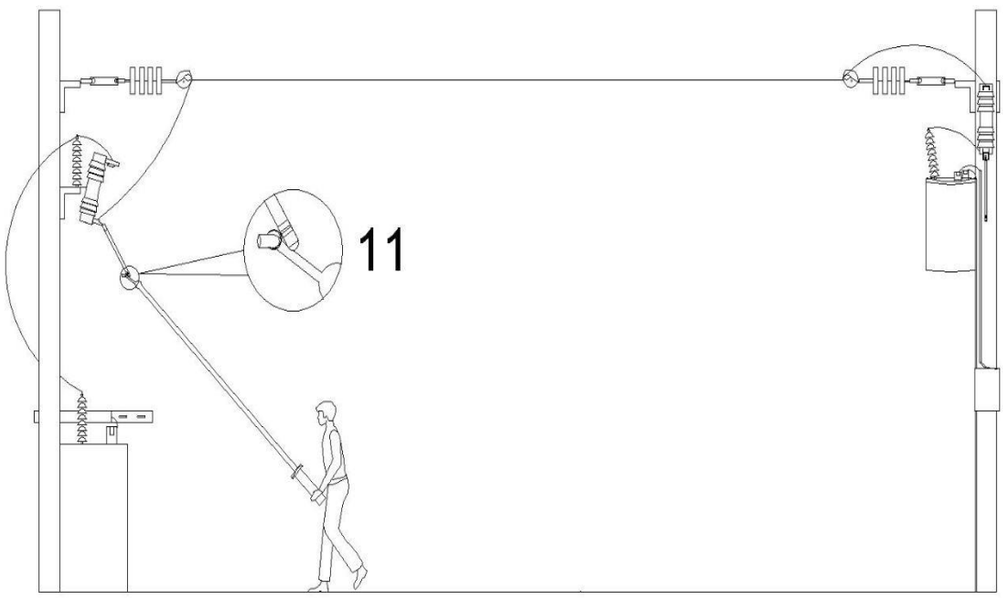

Figura 50. Desconexión de seccionadores, Elaboración propia

Finalizando, una vez que el sistema se encuentre sin energía verificado con cada uno de los pasos anteriores, se procede con la desconexión de los seccionadores para ejercer esta acción el encargado de realizar la desconexión debe encontrarse de frente al seccionador utilizando todo su EPP y sujetar firmemente la pértiga para evitar que el fusible se dañe al momento de desconectarlo.

-Concluyendo

La desconexión se realiza sin ningún inconveniente producto de los pasos secuenciales que se crearon para evitar cualquier falla.

Esta maniobra acercará al estudiante al mundo real y le creará un procedimiento a seguir estando atento a cualquier desperfecto que pudiera ocurrir, con esto creando así una generación más segura al momento de realizar maniobras dentro del área de distribución en la que este proyecto se encuentra relacionado

CONCLUSIÓN

Los sistemas de distribución a lo largo de todo el país permiten la llegada de energía eléctrica a distintos sitios, la red pública cumple con una función vital para la entrega de energía, por lo que, es necesario el debido conocimiento en el funcionamiento y en la predicción de fallas en la red más los equipos que encuentran conectados.

El presente trabajo de título planeaba entregar una guía al estudiante en el uso en distintas actividades y ensayos para tener un conocimiento al momento de predecir la falla mediante estos ensayos, lo cuales, permiten reconocer humedad o deterioro en los componentes internos de los transformadores, comprobar su correcta transformación al momento de elevarla o bajar las tensiones y permitir reconocer los aislamientos de sus bobinados.

Las actividades acercan al estudiante a las maniobras a realizar cuando se quiere desconectar la energía del suministro eléctrico, en la identificación de la presencia de tensión antes de intervenir cualquier línea eléctrica y en la distribución de energía hacia una carga simulando así un consumo que podría estar presente dentro de una casa.

La seguridad dentro del presente trabajo de título es fundamental nombrando pasos a seguir dentro de cada ensayo y actividad para evitar cualquier riesgo posible.

El trabajo de título permite agrupar distintos puntos base para el entendimiento de la distribución eléctrica y poder realizar estos puntos con seguridad.

Satisfaciendo así los intereses presentes del proyecto presentando distintas formas de evaluar el sistema, de esta forma finalizando el proyecto con los objetivos logrados presentando de forma didáctica y teórica cada punto de ensayo y maniobras, otorgando un trabajo que permita presentarle al estudiante una manera segura con procedimientos claros a llevar a cabo dentro del área de distribución en la que se enfoca este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

TESIS DE JAIRO LARA PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN SECTOR DE INSTALACIONES INDUSTRIALES Y LABORATORIO DEMOSTRATIVO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN.

TESIS FERNANDO ESPINOZA PROTOCOLO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS Y PROCEDIMIENTO DE PUESTA EN SERVICIO EN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE MEDIA TENSIÓN EN ÁREA ELECTRICIDAD, UTFSM SEDE CONCEPCIÓN.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN JUAN ANTONIO YEBRA MORÓN

MAQUINAS ELÉCTRICAS STEPHEN J. CHAPMAN

SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE (SEC). Electricidad Instalaciones de Consumo en Baja Tensión. NCH 4/2003.

LINCOGRAFÍA

ET010 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AUTOPROTEGIDO HASTA 150 KVA TRIFÁSICO Y MONOFÁSICO

http://likinormas.micodensa.com/Especificacion/transformadores/et010_transformador_distribucion_autoprotegido_150_kva_trifasico#heading_39

GUÍA DE LA MEDICIÓN DE TIERRA

http://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_tierra_ed2.pdf

EL SISTEMA MONOFÁSICO CON RETORNO POR TIERRA MRT

http://www.sectorelectricidad.com/13959/el-sistema-monofasico-con-retorno-por-tierra-mrt/

MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES

http://meecr.blogspot.com/2009/02/mantenimiento-del-transformador-como.html

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

http://www.tusan.cl/Distribucion.aspx

SECCIONADORES

https://www.generandowatts.com/productos/seccionadores/

TRABAJOS EN ALTURA

http://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Documents/1-trabajos-en-altura.pdf

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

https://equiposproteccion.com/tag/tipos-de-arnes/

EQUIPOS DE PROTECCIÓN

http://materialdeproteccionlaboral.com/riesgos-laborales/3786-rl035.html

ESCALERAS

https://www.escalerasyandamios.com/catalogo/escaleras-fijas/

ANEXOS

Los anexos no se encontrarán dentro del documento, estos serán vinculados fuera del documento debido al distinto formato que poseen los anexos con respecto a este documento