



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

Título: “Diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil.”

Title: “Design and construction of an equipment for electrical insulation resistance tests of copper enameled wire at a company in the city of Guayaquil.”

Autor: Leonardo Heriberto García Preciado

Director: Ing. Armando Fabrizzio López Vargas

Guayaquil, Agosto del 2017

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, **Leonardo Heriberto García Preciado**, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“Diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil”**. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Leonardo Heriberto García Preciado
CI: 0917346462

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado **“Diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil”**, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Leonardo Heriberto García Preciado

CI: 0917346462

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado **“Diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil”** desarrollado por el estudiante **Leonardo García Preciado** previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los VII días del mes de Agosto del 2017

Ing. Armando Fabrizio López Vargas
Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIA

A mis Padres

Tomides García y Clara Preciado quienes me apoyaron de principio a fin, dándome su apoyo y comprensión.

A mis Tías

Que desde tan lejos me ayudaron a seguir con esta carrera siempre confiando en que la culminaría.

A mi Mujer e Hija

Quienes son mi incentivo cada día para continuar, motivándome cuando parecía que me iba a rendir.

A mis Amigos

Joan Assan, Jimmy Zúñiga, Fernandopy, Jorge Molina, Hugo Zúñiga Richard Calderón, Damián Izurieta, Luis Ríos, Josué Burgos y a todos los que empezamos en el P15, que siempre me apoyaron.

Para todos ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo, muchas gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerza y sabiduría para culminar esta carrera universitaria como ingeniero industrial.

A mis padres, hermano y tías por su apoyo incondicional que estuvieron ayudándome de una u otra manera con estudios universitarios.

Al Ingeniero Armando López, por haber compartido sus conocimientos durante la carrera universitaria y al final por aceptar ser mi tutor y guía en el proyecto técnico que realizamos gracias por su colaboración.

A los ingenieros Jorge Llaguno, Ángel González, Carlos Aguilera, Raúl Álvarez, Iván Suarez, Pedro Peña, Pablo Pérez, Christian Torres, agradecido con todos por sus enseñanzas.

A los colaboradores de la empresa en que laboro David Mejía, Eduardo Licoa, Luis Cruz, Holger Quimi, los cuales ayudaron con sus conocimientos aportando con un granito de arena para la culminación de este proyecto.

A el compañero de colegio que se hizo presente Alejandro Hormaza que fue en donde construimos la primera parte de este proyecto.

Les agradezco a todos de corazón.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo general el de efectuar un diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil, el cual se comenzó a elaborar realizando un estudio de la necesidad que tenía el departamento de control de calidad en la empresa Electrocables, la cual siendo líder a nivel nacional en la fabricación de alambre esmaltado y tratando de satisfacer todos los requerimientos por parte de los clientes de acuerdo a las normas técnicas establecidas.

Se realizaron los cálculos necesarios para la selección de los diferentes elementos que serán utilizados en el ensamblaje del equipo de pruebas, el diseño de este equipo para la verificación de la resistencia del aislamiento se lo realizó tomando en consideración las características de los otros equipos de pruebas que se tienen en el laboratorio y que cumplan con las normas establecidas.

Para complementar el presente proyecto se comenzó la construcción del armazón y se ensamblaron los diferentes elementos necesarios para el equipo, los cuales fueron montaje de motor, fuente de alto voltaje, poleas, y demás elementos de equipos que se encuentran en desuso.

Logramos obtener un diseño ergonómico, muy fácil de usar, donde se disminuye el riesgo eléctrico, logrando cumplir con las expectativas de reducir el tiempo de cada prueba y los objetivos trazados en el presente proyecto.

Finalmente se procede a realizar un análisis económico donde evaluamos la factibilidad del proyecto.

Palabras claves. Alambre esmaltado, equipo, calidad, resistencia, aislamiento.

ABSTRACT

The present project has as general objective to make a design and construction of an equipment for electrical insulation resistance tests of copper enameled wire at a company in the city of Guayaquil, which was begun to be elaborating through a study of the necessity that had the quality control department in Electrocables company, which being leader at the national level in the manufacture of enameled wire and trying to satisfy all the requirements by the customers according to the established technical standards.

The necessary calculations were made for the selection of the different elements that will be used in the assembling of testing equipment, the design of this equipment for the verification of the insulation resistance was done taking into consideration the characteristics of the other test equipment's, which are held in the laboratory and meet the established standards.

In order to complement the present project, the construction of the frame was started and the different elements necessary for the equipment were assembled, which were the assembly of motor, high voltage source, pulleys, and other elements of equipment that are in disuse.

We achieved an ergonomic design, very easy to use, where the electrical risk is reduced, achieving to meet the expectations of reducing the time of each test and the objectives outlined in this project.

Finally, we proceed to carry out an economic analysis where we evaluate the feasibility of the project.

Keywords. Enameled wire, equipment, quality, resistance, insulation.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA.....	i
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
MARCO LEGAL.....	xviii

INDICE DE CONTENIDOS

1	EL PROBLEMA	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Importancia y alcances	4
1.3	Delimitación	5
1.4	Objetivo general	6
1.4.1	Objetivos específicos	6
2	MARCO TEORICO.	8
2.1	Estado del arte.	8
2.2	El alambre de cobre esmaltado	9
2.2.1	Clasificación del alambre de cobre esmaltado.	11
2.3	Diseño y selección de los elementos del Proyecto.	13
2.3.1	Motor.	13
2.3.2	Fuente de voltaje.	14
2.3.3	Variador.	16
2.3.3	Encoder	17
2.3.4	Correa de transmisión.	17
2.3.5	Poleas guías.	18
2.3.6	Diseño del eje de giro.	18
2.3.7	Tambor de enrollamiento.	19
2.3.9	Caja metálica	19
2.3.10	Chumacera de pared.	20
2.3.11	Polea dentada.	21
2.3.12	Laptop y programa de Megger (PowerDB).	21
2.3.13	Pulsadores.	23
2.3.14	Potenciómetro con dial.	23
3	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	Normas a cumplir.	24
3.2	Pruebas de calidad.	26
3.2.1	Prueba de continuidad.	26
3.2.2	Prueba de elongación.	28

	x
3.2.3 Prueba de rigidez dieléctrica.	29
3.2.4 Prueba de termo plasticidad.	30
3.2.5 Prueba de resistencia de abrasión.	31
3.2.6 Prueba angulo de retorno	32
3.2.7 Prueba de medición de diámetros.	33
3.2.8 Prueba de choque térmico.	34
3.2.9 Prueba de tangente delta.	36
4 RESULTADOS	37
4.1 Diseño	37
4.1.1 Construcción y ensamblaje.	38
4.1.2 Función.	43
4.1.3 Operación del equipo de calidad.	43
4.1.4 Reconocimiento del producto al cual se le va a realizar la prueba.	43
4.1.5 Medición de Standares a cumplir del equipo.	44
4.2 Inversión y Estructura del financiamiento.	45
4.2.1 Inversión.	45
4.2.2 Estructura de la inversión inicial	46
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50
ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Primer equipo de resistencia de aislamiento.....	2
Figura 2: Segundo equipo de resistencia de aislamiento.	3
Figura 3: Equipo de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado.....	4
Figura 4: Localización de realización de proyecto.	6
Figura 5: Construcción del alambre esmaltado de cobre.	9
Figura 6: Motor utilizado en el equipo.....	13
Figura 7: Fuente de alto voltaje.....	14
Figura 8: Variador de Frecuencia.....	16
Figura 9: Encoder.....	17
Figura 10: Correa de Transmisión.....	17
Figura 11: Poleas.....	18
Figura 12: Eje.....	18
Figura 13: Tambor de enrollamiento.....	19
Figura 14: Estructura Metálica.....	20
Figura 15: Chumaceras.	20
Figura 16: Poleas dentadas.....	21
Figura 17: Programa.....	22
Figura 18: Pulsadores.....	23
Figura 19: Potenciómetro con dial.	23
Figura 20: High Voltage Continuity Tester.	27
Figura 21: Equipo de Elongation Tester.	28
Figura 22: Equipo de Rigidez Dieléctrica.....	29
Figura 23: Equipo de Termo plasticidad.....	30
Figura 24: Equipo de Resistencia de Abrasión.	31
Figura 25: Equipo Sprinkback.	32
Figura 26: Micrómetro.	33
Figura 27: Horno.....	34
Figura 28: Muestra de Alambre.	35
Figura 29: Equipo de Tangente Delta.	36
Figura 30: Equipo de Resistencia de Aislamiento.	37
Figura 31: Construcción primera parte del proyecto.....	38
Figura 32: Construcción segunda parte del proyecto.....	39
Figura 33: Construcción tercera parte del proyecto.	40
Figura 34: Ensamblaje de megger.....	41
Figura 35: Construcción cuarta parte del proyecto.	42
Figura 36: Reconocimiento del producto a probar.....	43
Figura 37: Multímetro y punta de alto voltaje.	44
Figura 38: Tacómetro.....	44

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Pruebas de alambre de cobre de acuerdo a la norma MW-74C	25
Tabla 2: Requerimientos del mandril.....	35
Tabla 3: Lista de instrumentos.	45

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo A: Manual de uso	52
Anexo B: Planta de esmaltado	59
Anexo C: Construcción de estructura.	60
Anexo D: Construcción de tapas con planchas de hierro.....	61
Anexo E: medición y presentación del equipo de alto voltaje en la estructura.....	62
Anexo F: pintado de la estructura.	63
Anexo G: Diseño de la estructura y medidas en AutoCAD.....	64
Anexo H: Selección de partes y ensamblaje de sistema mecánico.	65
Anexo I: Selección de partes y ensamblaje de sistema eléctrico.	66
Anexo J: Selección de partes y ensamblaje de sistema de contacto de prueba.	67
Anexo K: Características de la soldadura utilizada.....	67
Anexo L: Aisladores utilizados.....	69
Anexo M: Especificaciones del manual de megger.	70
Anexo N: Planos eléctricos.	73
Anexo O: Equipos utilizados en pruebas de velocidad y de alto voltaje.	74
Anexo P: Visita y revision final del tutor.	75

ÍNDICE DE ABREVIATURAS. ABREVIATURA UTILIZADA.

ANSI	American National Standards Institute	
ASTM	American Society for Testing and Materials	
NEMA	National Electrical Manufacturers Association	
AWG	American Wire Gauge	
DC	Direct Current	
KM	kilómetro	
°C	Grado Celsius	
MW	Megavatio	
TΩ	Tera ohmio	
MIT	Megger Insulation Testers	
IR	Prueba Rápida	
IR(T)	Prueba de IR temporizada	
PI	Resistencia a través del tiempo	
DAR	Resistencia a través del tiempo	
DD	Prueba de descarga dieléctrica	
SV	Prueba de voltaje por pasos	
KV	Kilo voltio	
mΩ	Mili ohmio	$10^{-3} \Omega$
μΩ	Micro ohmio	$10^{-6} \Omega$
nΩ	Nano ohmio	$10^{-9} \Omega$
kΩ	Kilo ohmio	$10^3 \Omega$
MΩ	Mega ohmio	$10^6 \Omega$
GΩ	Giga ohmio	$10^9 \Omega$
KW	Kilovatios	
HZ	Hertz	
VAC	Corriente alterna	
SEG	Segundos	
Mm	Milímetros	
Cm	Centímetros	
Mpa	Mega pascal	N/mm^2

MXL	Mini Extra Ligero
XL	Extra Ligero
L	Ligero
H	Pesado
XH	Extra Pesado
XXH	Doble Extra Pesado
VAN	Valor Actual Neto
V	Voltímetro

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se plantea el diseño y construcción de un equipo automático de prueba eléctrica en alto voltaje para el alambre esmaltado de cobre para el laboratorio de control de calidad de la empresa Electrocables S.A., con el cual se reducirá el tiempo de ejecución de las pruebas.

En Ecuador la única empresa productora de alambre esmaltado es Electrocables S.A., siendo de mayor prioridad para nosotros tener una calidad óptima de nuestro producto para que así pueda ser utilizado sin problemas por las empresas que utilizan nuestro producto como materia prima.

En la actualidad estos equipos automáticos son de gran importancia ayudando a la rapidez y efectividad de las pruebas que desempeñan acelerando procesos y optimizando tiempos.

Países como Estados Unidos, Brasil, México, Italia y otras potencias mundiales poseen estos equipos automáticos para la comprobación de la calidad de este tipo de producto.

Esto ayudara al ahorro por el alto costo de importación y fabricación que significarían de solicitar a una compañía extranjera que lo construya. Razón por la que se ha visto la necesidad de diseñar y construir este equipo automático para la verificación del aislamiento del alambre.

Usando elementos reciclados, es decir, piezas de máquinas en desuso que sirven para manufacturar el equipo de calidad ayudando a reducir el costo del proyecto.

El desarrollo de las tecnologías en la última década ha dado un impulso en el área de los laboratorios de control de calidad, que hasta hace pocos años no pasaban de ser pruebas artesanales. En este sentido, se ha tomado información de un proyecto de los ingenieros Edwin Acosta y Andrés Garcés (2014), de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), a través de su tesis: “diseño y construcción de un equipo automático de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado y rigidez dieléctrica del alambre redondo de cobre para el laboratorio de control de calidad de la empresa ECUATRAN S.A.”, donde se realiza la investigación sobre la construcción del equipo de calidad.

El estudio complementa de gran forma nuestra investigación nos orienta a ver su construcción y funcionamiento en donde tendremos que mejorarlo, la recopilación de información tiene como objetivo ofrecer un acercamiento a los equipos de pruebas en alto voltaje.

La importancia de construir este equipo de calidad será para la empresa ya que ayudara a disminuir las no conformidades de los clientes y a su vez será importante para cumplir la meta de concluir con mi carrera técnica.

El proyecto será realizado en dos partes la construcción de su armazón se realizara en un taller externo ubicado en la ciudad de Guayaquil y el ensamblaje de los elementos eléctricos y electrónicos se realizaran en el laboratorio de la empresa Electrocables.

Presentación del tema

Diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil

Justificación.

El presente proyecto pretende mejorar la eficiencia y eficacia al momento de realizar la prueba de resistencia de aislamiento porque la no utilización de un equipo automático lo cual disminuye la productividad lo que genera cuellos de botella en este departamento de calidad. Por ello para alcanzar la meta de maximización de realización de esta prueba en beneficio de la planta de esmaltado se realizará este nuevo equipo aplicando ingeniería inversa con algunos de los elementos de un equipo artesanal con el cual se trabaja en la actualidad el cual nos demora el tiempo de prueba y no posee la seguridad adecuada.

Marco Legal

El marco teórico para este análisis se basara en la norma:

ISO 9001 versión 2015 - enfocados en el requisito 10.3 que es la mejora la cual comprende:

10.3 Mejora continua.

La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

ASTM. - America Society for Testing and Materials. (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales) es uno de los sistemas de normas más grandes en el mundo sin fines de lucro el cual provee un foro para productores, usuarios y consumidores. Trabajan 132 comités que escriben normas y publican más de 8800 normas cada año. En la que nos basaremos en la ASTM volumen 02.03. Electrical Conductors (Conductores Eléctricos)

NEMA. - National Electrical Manufacture Associate. Son adoptados para el público interesado para eliminar malos entendidos entre el fabricante - usuarios y asistencia al usuario con el producto propio para su necesidad. Para el estudio de alambre esmaltados se usara la norma NEMA MW – 1000.

Así mismo se toma en consideración la tesis Javier Acosta y Alejandro Garcés; enfocados en el tema de diseño y producción de un equipo de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado y rigidez dieléctrica del alambre redondo de cobre para el laboratorio de control de calidad de la empresa Ecuatran S.A.

El control de calidad es una de las actividades de gran relevancia en el contexto de las industrias en el siglo XXI, que buscan por todos los medios maximizar el nivel de satisfacción del cliente, a través de un control de productos con altos estándares de calidad, con un servicio esmerado y de conformidad con los clientes.

Los laboratorios de control de calidad son una solución para los problemas que atraviesan las industrias en sus producción para sobre llevar de mejor manera las relaciones con el cliente entregando productos de óptima calidad y así maximizar el nivel de satisfacción de los clientes.

Bajo estos preceptos y reconociendo la importancia del área de calidad en la productividad industrial, se ha llevado a cabo la presente investigación con el objetivo de diseñar y construir un equipo eléctrico para optimizar revisión del producto elaborado por Electrocables área de esmaltado.

Se plantea el diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre.

Siendo parte fundamental que consiste en la revisión de la película aislante del cobre optimizando de mejor forma los costos de procesos anteriores que producían pérdida, y ahora con el cual se reducirá notablemente el tiempo de ejecución de las pruebas.

En la actualidad este equipo es de mucha importancia ya que ayudara a un mejor control de las bobinas de alambre esmaltado y así el cliente estará satisfecho con nuestro producto que para su mayoría es utilizado como materia prima para elaborar nuevos productos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

EL control de calidad es un mecanismo diseñado para detectar y reducir posible fallas en la calidad del producto antes de ser vendido al consumidor final teniendo como finalidad la confiabilidad por parte de los clientes al cumplir con los estándares de calidad que se encuentran en las respectivas normas.

La calidad en los productos debe cumplir requisitos específicos para ello es necesario asegurarse a través de las mediciones de las variables si están cumpliendo con los parámetros determinados para este producto, por esto en los laboratorios de ensayos se realizan estas mediciones, las cuales están sujetas a procesos de aseguramiento de la calidad. El aseguramiento de la calidad en los laboratorios de ensayo incluye una gran variedad de actividades para prevenir problemas y optimizar la precisión y exactitud de los ensayos.

La empresa beneficiaria se dedica a la elaboración de alambre esmaltado redondo de cobre, el cual es utilizado en motores, transformadores, balastros, etc. El control de calidad de nuestro producto es fundamental por lo que la empresa encontró necesaria la construcción de un equipo que permita realizar el control de calidad con mayor rapidez y de forma más confiable, ya que actualmente se utiliza un método que tiene limitaciones operativas y no es tan confiable.

En los dos últimos años se ha tenido la necesidad por parte de los principales constructores de transformadores en el Ecuador de aplicar una prueba adicional que no establece la norma, por lo que se presentó la necesidad de elaborar este proyecto.

La norma no exige la realización de esta prueba por lo que es necesario disponer de un equipo que certifiquen la buena calidad del producto y que al ser utilizado en transformadores de alta tensión no sufrirá daños, lo cual incurriría en pérdida de dinero y devoluciones del material. Nosotros como proveedores de materia prima tenemos

que certificar que nuestro producto cumpla estándares de calidad necesarios como la durabilidad y resistencia del material.

El primer prototipo de un equipo de resistencia de aislamiento fue desarrollado en la empresa Ecuatran donde se lo trabajaba de manera totalmente artesanal desarrollado por los integrantes del laboratorio de calidad para la materia prima que se encargaban de revisar todas las bobinas de alambre esmaltado la cuales son parte fundamental para los transformadores. Según los proveedores de alambre esmaltado esta prueba es más efectiva que la de continuidad la cual está en las normas, ya que esta prueba de resistencia de aislamiento revisa más profundamente la resistencia del aislamiento en el alambre esmaltado. (Ver figura 1, Primer equipo de resistencia de aislamiento).

Figura 1: Primer equipo de resistencia de aislamiento.



Fuente: Autor

El segundo proyecto de equipo de resistencia se lo desarrollo a partir de una visita técnica a Ecuatran en donde se lo hizo un poco más rápido agregando un motor y como fuente de voltaje se utiliza un equipo de megger portátil con un Encoder el cual controla el paso de los 30 metros de prueba con su respectivo variador para el motor y un programa el cual detectaba las bajas de voltaje y las fallas, igualmente no cumplía

con la seguridad adecuada para este tipo de prueba de alto voltaje. (Ver figura 2, Segundo equipo de resistencia de aislamiento).

Figura 2: Segundo equipo de resistencia de aislamiento.



Fuente: Autor

El tercer equipo fue diseñado para la empresa Ecuatran para quienes es fundamental tener el control de calidad de la materia prima para garantizar la calidad del producto terminado, por lo que el departamento de control de calidad de la empresa encontró la necesidad de mejorar el equipo q tenían automatizándolo y mejorándolo para acelerar las pruebas a “Construcción de un equipo automático de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado y rigidez dieléctrica del alambre redondo de cobre”. La máquina realiza la prueba de continuidad a una muestra de 30 metros de alambre esmaltado redondo de cobre mediante un contacto por agua o escobillas.

El calibre del alambre esta entre 8-25 AWG. El voltaje aplicado para la prueba es 1500V DC, el mismo que permite detectar las fallas en el esmaltado. El número máximo de fallas permitido en los 30 metros es de 5. El alambre es recogido a una velocidad aproximada de 18m/min. (Ver figura 3, Equipo de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado).

Figura 3: Equipo de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado.



Fuente: Referencias bibliográficas.

1.2 Importancia y alcances

Identificando las necesidades de las empresas que utilizan este material como materia prima y para tener mayor confianza al proceso de producción se hace necesaria la construcción de un equipo mejorado y hacer el proceso de ensayo más eficiente y eficaz. Con esta finalidad se va a desarrollar la construcción del equipo de pruebas para la verificación de la resistencia eléctrica del aislamiento en el alambre de cobre esmaltado. El análisis se va a desarrollar mediante un análisis interno y externo que nos permita conocer falencias que requieren mayor atención para el correcto desempeño del equipo.

Durante el desarrollo del trabajo técnico se plantea las mejoras en cada una de las etapas y posteriormente se evaluará el rendimiento del equipo mejorado mediante la implementación de ingeniería inversa.

La importancia de implementar la ingeniería inversa en este proyecto es obtener la mayor información técnica para así mejorar detalles técnicos de diseño construcción y funcionamiento, para lo cual debemos tener notas muy detalladas.

El alcance de este proyecto es el estudio, diseño, investigación y construcción de este equipo de pruebas tiene como beneficiarios al autor de este proyecto, pues así se cumplirá un requisito para poder llevar a cabo la titulación.

La empresa de cables beneficiaria que contara en su laboratorio de control de calidad con un equipo automático para la verificación del recubrimiento de esmalte en cada una de sus bobinas y así poder certificar una mejor calidad en su producto.

1.3 Delimitación

El proyecto se limita al diseño y construcción de un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre.

Las instalaciones están ubicadas en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, planta: parque industrial "el sauce" km. 11 1/2 vía a Daule, atrás del parque california, frente a papelesa.

Límite temporal: considerado en 6 meses, a partir de que el consejo de la carrera Ingeniería Industrial apruebe el anteproyecto.

Límite espacial: Este proyecto se realizará en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, planta: parque industrial "el sauce" km. 11 1/2 vía a Daule, atrás del parque california, frente a papelesa.

En las instalaciones de la empresa taller. (Ver figura 4, se muestra localización, Cantón Guayaquil).

Figura 4: Localización de realización de proyecto.



Fuente: Google Maps.

Limite académico: Las asignaturas que servirán de base para este proyecto son:

- ✓ Gestión de calidad
- ✓ Administración de proyectos
- ✓ Control y presupuestación.
- ✓ Resistencia de materiales
- ✓ Electricidad
- ✓ Electrónica analógica y digital
- ✓ Automatismo 1 y 2
- ✓ Simulación de proceso

1.4 Objetivo general

Diseñar y construir un equipo para la realización de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre en una empresa de la ciudad de Guayaquil.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Investigar mediante ingeniería inversa, las partes que forman los equipos de uso común en la industria para la realización de pruebas de aislamiento eléctrico en alambres esmaltados de cobre, sus características y funciones.

2. Mejorar el control de calidad que se realiza actualmente en el proceso, buscando reducir los reclamos etc.
3. Estimar la capacidad de inspección del equipo de acuerdo a la producción real de la empresa.
4. Definir las características de diseño de los componentes o partes de la máquina a construir.
5. Diseñar la estructura del equipo y sus componentes o partes.
6. Construir el equipo y someterlo a pruebas experimentales.
7. Estimar el costo final de la propuesta.
8. Analizar económicamente el proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1 Estado del arte.

Revisados los diferentes repositorios digitales de múltiples universidades se pudo encontrar las siguientes investigaciones:

En el año 2014 en la Universidad de las Fuerzas Armadas, carrera de Ingeniería Mecatrónica, los ingenieros Acosta Carrasco Edwin Javier y Garcés Cadena Andrés Alejandro presentaron una tesis con el tema: Diseño y construcción de un equipo automático de pruebas para la verificación de continuidad del esmaltado y rigidez dieléctrica del alambre redondo de cobre para el laboratorio de control de calidad de la empresa Ecuatran S.A. que tenía como objetivo ayudar a la empresa en sus pruebas de calidad a la materia prima en este caso el alambre esmaltado el cual es utilizado en sus transformadores y así evitar problemas y garantizar un buen producto.

En el año 2005 en Torino-Italia la empresa de Rigon, el ingeniero Roberto Rigon construyo un equipo de prueba de continuidad del aislante de alta tensión, el cual tuvo como objetivo ayudar a la empresa Electrocables en sus pruebas de calidad para la verificación del aislante del alambre esmaltado, el cual sigue en funcionamiento hasta la fecha.

Comentario

Según la revisión de la literatura sobre el estado del arte podemos concluir que un equipo de continuidad es un probador de la continuidad del alambre esmaltado con el cual certificaremos la buena calidad del mismo. Lo que hace este equipo de continuidad es la verificación del aislamiento a través de escobillas de carbono las cuales ejercen un voltaje aplicado con el cual verifican las fallas del recubrimiento del esmalte con respecto al cobre.

Con una pequeña modificación pasaremos de verificar la continuidad del aislamiento a medir la resistencia de aislamiento ya no a través de escobillas ahora utilizaremos agua como fuente de verificación del aislamiento.

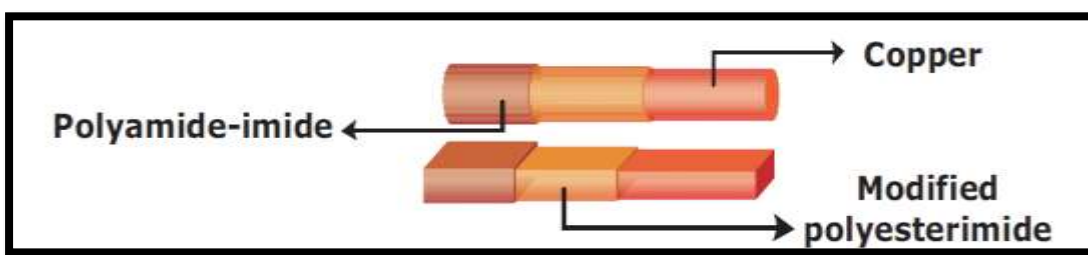
2.2 El alambre de cobre esmaltado

Alambre de imán que comprende un conductor de cobre, una capa base que consiste en al menos una capa de material aislante alrededor y a lo largo de la longitud del conductor y una capa de polyesterimide con polyamide-imide capa de acabado alrededor y a lo largo de la longitud de la capa de base, en la que la capa superior comprende de aproximadamente 5 a 95% del espesor total de revestimiento.

Este tipo de alambre está recubierto con una película aislante hecha a base de químicos de acuerdo a la clase térmica para la que está fabricado el alambre.

El alambre magneto está diseñado con un sistema aislante de dos capas, construidas por una base de poliéster modificado y una sobre capa de poliamida imida. (Ver figura 5, Construcción del alambre esmaltado de cobre).

Figura 5: Construcción del alambre esmaltado de cobre.



Fuente: Autor

Una de sus características principales es que tiene una clase térmica de 180 °C Y 200°C que cumple con las especificaciones de NEMA MW 30-C, MW 73-C Y MW 74-C: que lo convierte en el material recomendado para un sin número de aplicaciones, incluyendo la manufactura de transformadores en aceite.

Según los siguientes ítems de la norma el alambre de cobre esmaltados se construyen de la siguiente manera:

- NEMA MW 30-C
Polyester (amide) (imide) film insulated round copper magnet wire thermal class 180.
- NEMA MW 35-C
Polyester (amide) (imide) overcoat with polyamideimide film insulated round copper magnet wire thermal class 200.
- NEMA MW 73-C
Polyester (amide) (imide) overcoat with polyamideimide film insulated round copper magnet wire for hermetic applications, thermal class 200.
- NEMA MW 74-C
Polyester (amide) (imide) film insulated round copper magnet wire thermal class 200.

Construcción

Los alambres esmaltados están contruidos con cobre de temple suave. Sobre el conductor metálico se aplica un recubrimiento de esmalte en base de polyesterimide modificado más una segunda de resina a base de polyamide-imide para grado térmico de 200°. Las principales características de estos alambres, son las siguientes:

a) CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Gran Resistencia a la sobre carga.
- Gran facilidad de embobinado.
- Alta Resistencia térmica que le permite operar a 200 °C.
- Resistencia al FREON 22.
- Muy alta rigidez dieléctrica, aun en presencia de humedad.
- Alta resistencia de flujo termoplástico
- Resistencia a los solventes.
- Alta resistencia a la abrasión
- Excelente resistencia al choque térmico

b) PROPIEDADES

- Optima Resistencia mecánica
- Resistencia a temperaturas elevadas
- Resistencia a fluidos refrigerantes y aceites clorados

c) APLICACIONES

- **Uso automotriz.**
 - Alternadores.
 - Motores de arranque.
 - Boninas de campo.
 - Generadores.
- **Electrónica**
 - Bobinas de TV
- **Transformadores especiales**
 - Balastros para lámparas.
- **Transformadores de distribución**
- **Transformadores de potencia**
- **Motores de baja potencia y fraccionarios**
 - Herméticamente cerrados
 - Devanados de arranque
 - Abiertos

2.2.1 Clasificación del alambre de cobre esmaltado.**a) Por su forma.**

- **Redondo**

Es un conductor eléctrico circular que se puede encontrar en distintos diámetros de normalizados de acuerdo a calibres AWG, desde el 7 al 44, pudiendo variar este rango de acuerdo al fabricante.

- **Rectangular**

Como su nombre lo indica tiene una forma rectangular. Son alambres especiales que soportan una alta circulación de corriente debido a su tamaño.

b) Por su tipo de recubrimiento.

- **Capa simple.** - Es un alambre con una sola capa de aislamiento.
- **Capa doble.** - Es un alambre con dos capas de aislamiento. Tiene mayor rigidez dieléctrica que el de capa simple.
- **Capa triple.** - Es un alambre con tres capas de aislamiento.

c) Por su clase térmica.

Clase térmica es la capacidad de un alambre esmaltado para conservar sus propiedades eléctricas luego de ser sometido a altas temperaturas.

2.3 Diseño y selección de los elementos del Proyecto.

2.3.1 Motor.

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator. (Ver figura 6, Motor utilizado en el equipo).

Figura 6: Motor utilizado en el equipo.



Fuente: Autor

$$VA = \frac{\omega t \cdot \Phi t}{2}$$

$$\omega t = \frac{2 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{0.136 \text{ m}}$$

$$\omega t = 7.35 \text{ rad/s} = 70.2 \text{ rpm}$$

$$T = FT \cdot rn2$$

$$T = 249.25 \text{ N} \cdot 64.4448 \text{ mm}$$

$$T = 16062.8 \text{ N mm} = 16.06 \text{ Nm}$$

$$Pot = Fr \cdot V$$

$$Pot = 249.25 \text{ N} \cdot 0.5 \text{ m/s} = 124.63 \text{ W}$$

$$PotM = \frac{Pot}{\eta R \cdot \eta M}$$

$$PotM = \frac{124.63}{0.9 \cdot 0.6}$$

$$PotM = 230.8 \text{ W} = 0.31 \text{ hp}$$

Con estos cálculos podemos deducir que necesitamos un motor hasta 0.5hp sin problemas con su debido reductor de velocidad.

2.3.2 Fuente de voltaje.

Como fuente de voltaje seleccionamos un equipo de megger el cual es un equipo de medición para pruebas eléctricas portátiles que nos brindara la facilidad de aplicar el voltaje deseado a las pruebas además de que se puede enlazar a un computador donde se conecta a su programa que nos graficara la secuencia de la prueba que se está realizando.

Los instrumentos Megger se utilizan para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas que se realizan, mejorar la eficiencia de las pruebas y eficacia de los resultados, como así también para reducir costos y extender la vida útil de los activos eléctricos de sus clientes y usuarios.

Es un instrumento de prueba sofisticado y fácil de usar, para detectar fallos eléctricos para su resolución y para una perfecta puesta en marcha de una instalación eléctrica. (Ver figura 7, Fuente de alto voltaje).

Figura 7: Fuente de alto voltaje.



Fuente: Autor

Los equipos Megger han colaborado desde entonces y a nivel mundial a mejorar la eficiencia de las instalaciones eléctricas para mantener un suministro eléctrico constante en muchos sectores, además de reducir costes en instalaciones, anticipándose a los fallos y extendiendo la vida útil de sus infraestructuras.

- Mide hasta 10 TΩ o 20 TΩ (MIT1025)
- PI, DAR, DD, SV y prueba de rampa

- Productividad mejorada: opera conectado a fuente de energía/red eléctrica con la batería descargada
- Batería de ion de litio: mayor capacidad, carga rápida
- Memoria avanzada, con indicador de hora/fecha
- Índices de seguridad CATIV 600 V

Características especiales de la serie MIT1025

Los ingenieros eléctricos que necesiten funciones de diagnóstico adicionales en sus medidores, Ofreciendo prueba de 10 kV respectivamente, éstos

Añaden a la prueba automática de resistencia de aislamiento, la prueba de polarización (PI), régimen de absorción dieléctrica (DAR), sumando el salto de tensión (SV), la descarga dieléctrica (DD) y el test de rampa. La prueba de 10 kV de aislamiento, realiza una descarga rápida e intuitiva del almacenamiento en tiempo real de la información a través de un puerto USB.

Toda la serie MIT incluye una batería de ion-litio reduciendo el tiempo de carga a 2 horas y media, mientras que media hora de recarga, le ofrece una hora de pruebas de 5 kV a 100 MΩ.

La prueba de Resistencia de aislamiento (IR) es una prueba cualitativa que indica la eficacia del aislamiento eléctrico de un producto. Las aplicaciones incluyen cables, transformadores, motores/generadores, interruptores automáticos y aisladores.

La prueba de IR es ideal para medir y registrar la estabilidad a largo plazo del aislamiento a través del tiempo, un proceso conocido como tendencia. Las pruebas de IR dependen de la temperatura y deben ajustarse a una temperatura de referencia. Los modelos de almacenamiento ofrecen una opción de registro de la temperatura.

2.3.3 Variador.

Para poder cumplir con los requerimientos de la norma NEMA MW-35C en cuanto a la velocidad de ejecución de la prueba de continuidad, es necesaria la utilización de un variador de frecuencia el cual se seleccionó de acuerdo al motor que utilizaremos. Este dispositivo nos permite tener flexibilidad en el control de velocidad de la prueba.

La característica principal para la selección del variador de frecuencia es la potencia del motor con el que se va a trabajar.

Debido a que la alimentación de la máquina es monofásica se buscó un variador que tenga esta característica, es decir alimentación de entrada monofásica y salida trifásica para el control del motor, es por esta razón que se eligió el variador de frecuencia SINAMICS G110. (Ver figura 8, Variador de Frecuencia).

Figura 8: Variador de Frecuencia.



Fuente: Autor

Características Principales del variador de frecuencia SINAMICS G110 (0.37 KW)

- Tensión de Alimentación: Monofásica 200-240 VAC +/- 10%
- Frecuencia de Salida: 0-650 Hz, resolución 0.01 Hz
- Temperatura de Operación: Máxima 40 °C (hasta 50° con desclasificación)
- Factor de sobrecarga: 150% durante 60 seg.
- Entradas digitales: 3
- Salidas digitales: 1 (24 VDC)
- Entradas análogas: 1 (24 VDC)

2.3.3 Encoder

Un Encoder, también conocido como codificador, es un dispositivo, cuyo objetivo es convertir información de un formato a otro con el propósito de estandarización, velocidad o incluso para comprimir archivos. El encoder que seleccionamos es uno de la serie LC4H por donde pasara el alambre y nos ayudara a contar los metros probados de alambre esmaltado. Su función es la de convertir el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales o análogos que pueden ser interpretados por un controlador de movimiento. Cuenta metros LC4H. (Ver figura 9, Encoder).

Figura 9: Encoder.



Fuente: Autor

2.3.4 Correa de transmisión.

Conocida también como correa mecánica o correa de transmisión fue elegida en base a las poleas dentadas que utilizaremos. Es un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua, la cual abraza a las ruedas ejerciendo fuerza de fricción suministrándoles energía desde la rueda motriz. (Ver figura 10, Correa de Transmisión).Banda dentada 270H 100.

Figura 10: Correa de Transmisión.



Fuente: Autor

2.3.5 Poleas guías.

La polea guía o rodillo de montaje sirve para guiar sobre una pista, el número de revoluciones, de una manera acertada, llevando un seguimiento durante el recorrido; previniendo que haya desbordamientos fuera de la pista, por lo general estas poleas esta revestidas con una aleación de cerámica para prevenir que el alambre esmaltado se raye o sufra deformaciones Radio de las poleas guías del alambre 16 mm. (Ver figura 11, Poleas).

Figura 11: Poleas.



Fuente: Autor

2.3.6 Diseño del eje de giro.

La fabricación del eje dependerá mucho del torque que entrega el reductor de velocidad por lo que debe ser lo suficientemente rígido por lo que se fabricará a partir de barras cilíndricas de acero estructural y tendrá un diámetro de 25mm, el cual será sostenido por las chumaceras, alrededor de este eje gira el tambor para enrollamiento del alambre. (Ver figura 12, Eje).

Figura 12: Eje.



Fuente: Autor

2.3.7 Tambor de enrollamiento.

El tambor de enrollamiento fue tomado de un equipo en desuso que tomaba la muestra del alambre esmaltado y es donde se procederá a envolver los 30 metros probados que serán sacados de cada bobina. Radio del tambor para enrollamiento del alambre = 63 mm. (Ver figura 13, Tambor de enrollamiento).

Figura 13: Tambor de enrollamiento.



Fuente: Autor

2.3.9 Caja metálica

La caja metálica, que es donde se ensamblaran los elementos eléctricos y electrónicos que se utilizan generalmente en la industria.

La construcción de la caja metálica dependió mucho de la rigidez y estabilidad que le quisimos dar al equipo por lo que la estructura está conformada por ángulos de hierro de 1" y el cerramiento de paredes tiene un espesor de 2mm. Las medidas de la base de la caja serán de ancho 49cm x largo 50cm altura de 57.5 cm.

Para su correcta manipulación dispondrá de ciertos detalles que facilitaran estas operaciones: En la parte frontal dispondrá de botones de marcha, stock, reset y parada de emergencia. (Ver figura 14, Estructura Metálica).

Figura 14: Estructura Metálica.



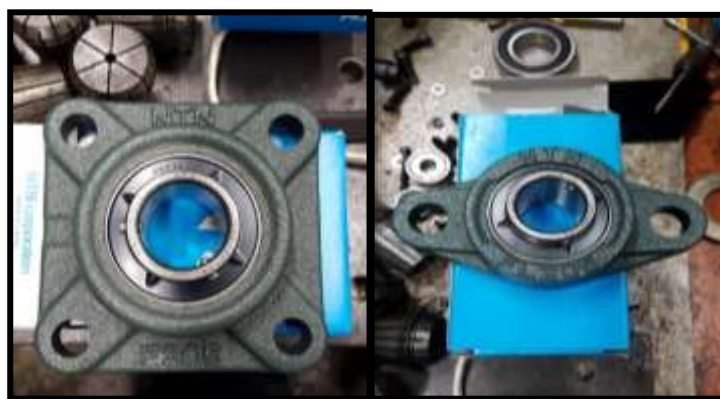
Fuente: Autor

2.3.10 Chumacera de pared.

Es una pieza de metal con una muesca en la que descansara y girara el eje de este equipo evitando deformaciones en el eje debido al torque q se ejercerá.

Las chumaceras también se conocen que son un tipo de cojinete deslizante que tiene movimiento ya sea oscilatorio o rotatorio en conjunto con el muñón con el que opera. (Ver figura 15, Chumaceras).

Figura 15: Chumaceras.



Fuente: Autor

2.3.11 Polea dentada.

Para la transmisión entre dos ejes que estén separados a una distancia donde no sea económico o técnicamente imposible montar una transmisión por engranajes se recurre a un montaje con poleas dentadas que mantienen las mismas propiedades que los engranajes es decir, que evitan el deslizamiento y mantienen exactitud en la relación de transmisión, seleccionaremos dos poleas las cuales será una la principal donde estará el tambor de enrollamiento de la muestra y la otra polea que contendrá a el tambor guía ambas poleas unidas por una banda de transmisión para que así tengan la misma velocidad de giro . (Ver figura 16, Poleas dentadas).

Los datos más importantes de las poleas dentadas son:

Número de dientes, paso, y ancho de la polea.

Polea 17H100 2F

Figura 16: Poleas dentadas.



Fuente: Autor

2.3.12 Laptop y programa de Megger (PowerDB).

La laptop que seleccionamos es una Acer Corei7 que debido a sus especificaciones sabemos posee una amplia memoria y rapidez que ayudara a que el programa trabaje de forma adecuada sin inhibirse o tener problemas de colapso en el sistema, además este equipo está compuesto por una pantalla líquida, alimentada con baterías o corriente alterna, puede durar más de dos horas de funcionamiento, es liviana (usualmente pesa menos de 12 libras), presenta teclado integrado, panel táctil para manejar el puntero en lugar del ratón, entre otras características. (Ver figura 17, Programa).

Figura 17: Programa.



Fuente: Autor

Megger diseña y fabrica equipos de medición y pruebas eléctricas portátiles. Los instrumentos Megger se utilizan para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas que se realizan, mejorar la eficiencia de las pruebas y eficacia de los resultados, como así también para reducir costos y extender la vida útil de los activos eléctricos de sus clientes y usuarios.

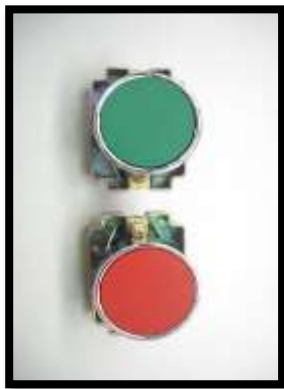
PowerDB es un software que se utiliza para recopilar y reportar los datos obtenidos a partir de las actividades de mantenimiento e inspección que se llevan a cabo en el equipo eléctrico utilizado para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. El software incluye interfaces para muchos instrumentos de prueba y permite realizar pruebas automatizadas y adquirir datos, así como importar diversos formatos de archivo. Se pueden generar fácilmente informes de resultados y resúmenes.

PowerDB Lite ofrece una interfaz de usuario sencilla y uniforme para muchos instrumentos Megger entre ellos los equipos de prueba Power Factor de la serie DELTA, las unidades TTR de 3 fases, los comprobadores de tierra, los comprobadores de resistencia de aislamiento (IRT) de 5 y 10 kV y muchos más. PowerDB Lite viene incluido con las series MIT y S1 de Megger.

2.3.13 Pulsadores.

Un botón o **pulsador** es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaños y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos. Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. (Ver figura 18, Pulsadores).

Figura 18: Pulsadores.



Fuente: Autor

2.3.14 Potenciómetro con dial.

Es uno de los dos usos que posee la resistencia o resistor variable mecánica (con cursor y de al menos tres terminales). Conectando los terminales extremos a la diferencia de potencial a regular (control de tensión), se obtiene entre el terminal central (cursor) y uno de los extremos una fracción de la diferencia de potencial total, se comporta como un divisor de tensión o voltaje. (Ver figura 19, Potenciómetro con dial).

Según la potencia que disipe en su funcionamiento, como regulador de tensión, así debe ser la potencia de la resistencia variable mecánica a utilizar.

Figura 19: Potenciómetro con dial.



Fuente: Autor

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Normas a cumplir.

Las pruebas para la verificación de los estándares de calidad en el alambre esmaltado son tomadas de las normas internacionales ANSI/NEMA 1000-2016 con la cual se trabaja en la actualidad.

A medida que la voz del sistema de normas y evaluación de la conformidad de Estados Unidos, el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) permite a sus miembros y constituyentes para fortalecerla posición en el mercado de Estados Unidos en la económica global, al tiempo que ayuda a garantizar la seguridad y la salud de los consumidores y la protección del ambiente.

El instituto supervisa la creación, expedición y uso de miles de normas y directrices que afectan directamente a las empresas en casi todos los sectores. ANSI también participa activamente en la acreditación y evaluar la competencia de organizaciones que determinan el cumplimiento de los estándares.

Por otra parte tenemos a la Asociación Nacional de Fabricante Eléctricos (NEMA) es la asociación de equipos eléctricos, fundada en 1926 y con sede en Rossolyn, Virginia. Cerca de 350 miembros fuertes, sus compañías de fabricación de un conjunto diverso de productos, incluyendo la transmisión de energía y equipos de distribución, sistemas de iluminación, automatización de fábricas y sistemas de control y sistemas de diagnóstico por imagen.

En el alambre se verifica y evalúa la nomenclatura, composición, construcción, dimensiones, tolerancias, seguridad, características operacionales, performance, alcances y pruebas, servicios para las cuales fue diseñada. (GUILLENIA, 2012)

En la actualidad la empresa produce alambres esmaltados con clase térmica 200°C en donde su construcción es con capa doble, a este producto se le realizan pruebas de rutina que se encuentra dentro de la norma ANSI/NEMA MW-35C O MW-74C aquí se encontrara propiedades y requisitos, los rangos de los diámetros del alambre también encontraremos el intervalo de tamaños de los especímenes para los ensayos,

a esto va a depender del tipo de esmalte con que se vaya a producir dependiendo las exigencias del cliente. (Revisar tabla 1)

Tabla 1: Pruebas de alambre de cobre de acuerdo a la norma MW-74C

Propiedades	Requerimientos
DIMENSIONS	Simple 14-44 AWG, Doble 2-44 AWG, Triple 14-44 AWG, Cuadrado 10-30 AWG en acordancia con la Tabla 1
Adherencia y flexibilidad	No fallas visible en el recubrimiento
Elongación	No menor que los valores en la Tabla 31
Choque Térmico	No fallas visible en el recubrimiento después de ser cocinado a 220°C
Angulo de Retorno	14-30 AWG: no mayor a los valores en la Tabla 32 2-13.5 AWG: no mayor a 5°
Rigidez Dieléctrica	4-9.5 AWG: No menor que los valores en la Tabla 33 10-37 AWG No menor que los valores en la Tabla 35 38-44 AWG: No menor que los valores en la Tabla 39
Continuidad	14-44 AWG: máximo de discontinuidades en acordancia con la Tabla 42
THERMOPLASTIC FLOW	No menos de 300°C

Fuente: ANSI/NEMA MW 1000/2016

El laboratorio realiza todas las pruebas mencionadas en la tabla ya que nos esforzamos en satisfacer totalmente las necesidades de nuestros clientes suministrándoles productos de óptima calidad que cumplan con los requisitos de las normas de referencia o por ellos solicitados generándoles sus respectivos certificados de calidad de las pruebas realizadas a cada uno de las bobinas de alambre esmaltado.

3.2 Pruebas de calidad.

3.2.1 Prueba de continuidad.

La continuidad en los alambres esmaltados se refiere a la uniformidad en la aplicación y curado del esmalte dieléctrico con respecto al hilo de cobre, el cual al aplicársele un voltaje, mantiene su resistencia a discontinuidades de aislante hasta máximo 5 fallas esmalte en una muestra de longitud de $30,5\text{m} \pm 2$.

Las fallas son detectadas al aplicarle 1500 VDC a la muestra de alambre a ser analizada, los contactos positivo y negativo de la fuente están conectados a un extremo de la muestra y a las escobillas de carbono respectivamente.

Las escobillas de carbono son electrodos que permiten el contacto eléctrico de un polo de la fuente sin dañar o estropear la muestra de alambre, además es el componente fundamental de esta prueba según lo menciona la norma NEMA MW-35C.

La muestra de alambre se recoge en un carrete metálico en donde está conectado el polo positivo de la fuente de 1500 VDC, a través de un mecanismo de poleas fijas distribuidas simétricamente para facilitar la recolección.

La velocidad de recolección es de 18 m/min teniendo una apreciación que la muestra de 30m se la llevará a cabo en un tiempo de 1 minuto con 40 segundos.

El número de fallas permitidos según la norma es de 5, siendo este el número límite para que el carrete no sea rechazado.

Los calibres admisibles según la norma MW-35C para esta prueba están en el rango de 14 AWG – 44 AWG.

Es importante recalcar que ECUATRAN S.A. mediante el trabajo de sus laboratoristas ha desarrollado el método de hacer el contacto del alambre en el agua en lugar que el de escobillas, ya que es mucho más confiable la prueba pese a no estar en la norma. (Ver Figura 21, High Voltage Continuity Tester).

Figura 20: High Voltage Continuity Tester.



Fuente: Autor

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3

*Clausula 3.9.2

*Página 181 - tabla 42

Equipo

- 1.- Probador de voltaje “hight voltage continuity tester”
- 2.- Guantes de protección eléctrica
- 3.-Lija para quitar aislamiento

3.2.2 Prueba de elongación.

Al realizar esta prueba verificamos resistencia del alambre esmaltado al alongarlo hasta llegar al punto de ruptura que debe cumplir con un mínimo que se indica en la norma dependiendo de esos valores sabemos si cumple o no la prueba. (Ver figura 22, Equipo de Elongation Tester).

La muestra a tomar debe de ser de 250mm.

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3

*Clausula 3.4

*Página 165 y 166 - tabla 31

Equipo

- 1.- Wire elongation tester NOVA 120
- 2.- Regla graduada

Figura 21: Equipo de Elongation Tester.



Fuente: Autor

3.2.3 Prueba de rigidez dieléctrica.

La prueba de rigidez dieléctrica se base en romper el aislamiento de la muestra de alambre en un punto determinado al aplicarle alto voltaje AC con una frecuencia de 60 Hz.

El equipo realiza la prueba incrementando el voltaje desde “0” hasta llegar al punto máximo de resistencia de nuestro alambre esmaltado, este valor será comparado con el valor mínimo que nos indica la norma. (Ver figura 23, Equipo de Rigidez Dieléctrica).

La muestra para esta prueba son 2 pedazos de alambre de 1m., que deben trenzarse entre sí, tomando en cuenta un peso y un número de vueltas de acuerdo a su calibre.

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3

*Clausula 3.8

*Página 172 - tabla 35

Equipo

- 1.- Maquina de rigidez dieléctrica
- 2.- Trenzadora de las muestras
- 3.-Pesos

Figura 22: Equipo de Rigidez Dieléctrica.



Fuente: Autor

3.2.4 Prueba de termo plasticidad.

Definición

Ensayo de temperatura aplicado al alambre esmaltado a través de dos planchas de metal las cuales deben presionar el alambre con un peso indicado en la norma. El alambre esmaltado debe resistir los 300°C como mínimo. (Ver figura 24, Equipo de Termo plasticidad).

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3

*Clausula 3.50

*Página 188 - tabla 45

Equipo

1.- EQUIPO MACAFIL TIPO W-1-PM-70

2.- PESOS

Figura 23: Equipo de Termo plasticidad.



Fuente: Autor

3.2.5 Prueba de resistencia de abrasión.

Definición

Esta prueba se realiza raspando en 3 posiciones (0° - 120° - 240°) a la muestra de alambre esmaltado, la cual se aplica un peso en gramos dependiendo del calibre esta prueba debe tener una resistencia mínima en gramos detallada en la norma. (Ver figura 25, Equipo de Resistencia de Abrasión).

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*PARTE 3

*CLAUSULA 3.59

*PÁGINA 188 - TABLA 52

Equipo

- 1.- Abrasimetro
- 2.- Pesos
- 3.- Alambre de piano acerado de 0.23mm

Figura 24: Equipo de Resistencia de Abrasión.



Fuente: Autor

3.2.6 Prueba Angulo de retorno

Definición

En este ensayo apreciamos la elasticidad y dureza del alambre esmaltado verificando su ángulo de retorno que debe cumplir con un máximo en grados (ángulo) el cual se indica en la norma. (Ver figura 26, Equipo Sprinkback).

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3

*Clausula 3.7

*Página 167-168-169-170 tabla 32

Equipo

- 1.- Sprinkback tester tipo 6006
- 2.- Mandriles
- 3.-Pesos

Figura 25: Equipo Sprinkback.



Fuente: Autor

3.2.7 Prueba de medición de diámetros.

Esta prueba dimensional consiste en verificar el calibre AWG del alambre esmaltado tanto externo como interno con la ayuda de un micrómetro. (Ver figura 27, Micrómetro).

En este ensayo medimos los diámetros del alambre esmaltado en 4 posiciones

(0° - 90° - 180° - 270°)



*diámetro esmalte

*diámetro cobre

La resta de estos valores nos dará el incremento de esmalte.

Diámetro del alambre esmaltado – diámetro de cobre = incremento

Figura 26: Micrómetro.



Fuente: Autor

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3, Clausula 3.2

*Página 161 – 162 -163 tabla 1 parte 1 pagina 42 – 43

Procedimiento

Muestra Con Esmalte.

- Tomar 10cm de la muestra de alambre, la longitud debe estar recta y sin defectos visuales.
- Medir el alambre con aislamiento en dos puntos diferentes con ayuda del micrómetro.
- Registrar estas lecturas y calcular el promedio.

Muestra Sin Esmalte.

- Para remover el esmalte acercar la muestra a un mechero calentar el conductor hasta que el esmalte tome un color negro.

- Realizar la medición en dos puntos del alambre desnudo.
- Registrar estas lecturas y calcular el promedio

3.2.8 Prueba de choque térmico.

El choque térmico se realiza para la verificación de la adherencia del esmaltado al cobre teniendo como finalidad detectar visualmente grietas o defectos en el esmalte. (Ver figura 28, Horno).

Durante 30 minutos a 220 °C después de este tiempo la muestra debe salir intacta igual como ingreso no debe tener desprendimiento de esmalte y debe estar sin fallas. (Ver figura 28, Muestra de Alambre).

Figura 27: Horno.



Fuente: Autor

Detalles en la norma ANSI/NEMA

*Parte 3, Clausula 3.5

*Página 167 tabla 29 página 164

PROCEDIMIENTO

- Tomar 5 muestra de alambre de 25 cm.
- Cada muestra es alongada a un 20% en el equipo de elongación
- Bobinar 10 vueltas en el mandril de diámetro especificado en la tabla 1.2
- Retirar la bobina del mandril y colocarla en el horno previamente calentado a una temperatura de 220°C.
- Mantener la muestra en el horno durante 30 min.

- Sacar la muestra y evaluar visualmente, la muestra debe salir intacta igual como ingreso sin posibles grietas o roturas en el esmalte, usando una lupa con ganancia de al menos 1.5.

Tabla 2: Requerimientos del mandril.

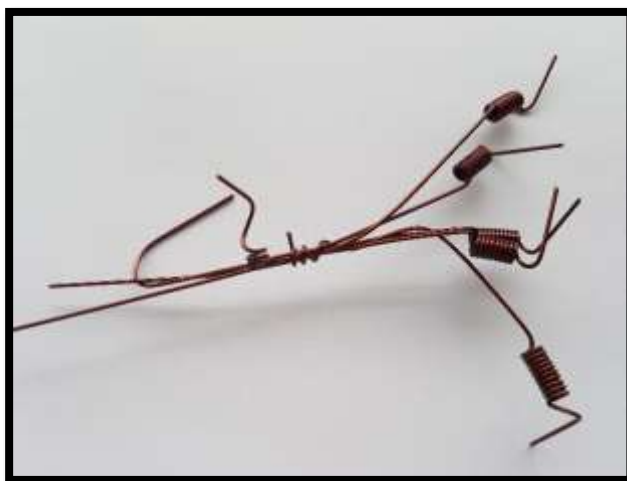
Tamaño AWG	Diámetro de Mandril
Rectangular, cuadrado o redondo < 4 AWG	Ninguno
4 a 9	Ninguno
10 a 13	5X
14 a 30	3X

Fuente: ANSI/NEMA MW 1000/2016

Equipo

- 1.- Horno de circulación forzada de aire
- 2.- Lupa
- 3.-Mandriles (tres veces del diámetro del alambre esmaltado)
- 4.-Guantes resistentes al calor y mascarilla con visera de protección facial

Figura 28: Muestra de Alambre.



Fuente: Autor

3.2.9 Prueba de tangente delta.

Definición

En este ensayo aplicamos temperatura y electricidad a la muestra de alambre esmaltado la cual recubrimos con grafito.

El equipo de tangente delta nos dará un valor en grados (temperatura) el cual nos indica si nuestro alambre esmaltado se está produciendo adecuadamente con velocidad y temperatura en el horno de curado, y así obtener nuestro producto en perfectas condiciones, esta prueba no se aplica en la norma nema. . (Ver figura 30, Equipo de Tangente Delta).

El rango establecido por *Ampac* es:

Mayor > 190 °C

Nominal 198 °C

Menor < 205 °C

Equipo

- 1.- Equipo de tangente delta
- 2.- Mandriles
- 3.-Grafito y cotonetes
- 4.-Aire frio (compresor)
- 5.-Laptop

Figura 29: Equipo de Tangente Delta.



Fuente: Autor

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Diseño

El diseño y construcción del equipo de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre se ajusta en base a diseños de equipos utilizados en laboratorios de prueba información obtenida en un estudio técnico. (Ver figura 20, Equipo de Resistencia de Aislamiento). El manual de uso del equipo lo podremos encontrar en el (Anexo A).

Figura 30: Equipo de Resistencia de Aislamiento.



Fuente: Autor

4.1.1 Construcción y ensamblaje.

La construcción de este equipo se hizo de acuerdo a su finalidad y ergonomía en el trabajo tomando diseños de otros equipos que realizan pruebas similares.

A continuación se mostrara imágenes paso a paso de la construcción y ensamblaje de cada una de las partes del equipo.

La primera parte del proyecto se empezó con la construcción y pintado del armazón o caja en donde se almacenaran el elemento eléctrico y electrónico para esto se utilizó la siguiente lista de materiales. Más detalles en el (Anexo C-D-E-F).

- 1 plancha de hierro de 2mm
- 2 ángulos de 1"x3/16
- 2 kilos de soldadura AGA6011
- 3 Discos de corte de 7"x1/16 Norton

Figura 31: Construcción primera parte del proyecto.



Fuente: Autor

En la segunda parte se procederá al montaje del motor, poleas, banda eje todo el sistema mecánico que debe estar aislado para lo cual se utilizara bocines de celeron que hará el trabajo de aislar el tambor de enrollamiento del eje el cual estará sujetado al motor todo este conjunto de partes va ubicado en la parte inferior del equipo de pruebas. (Figura 32) (Anexo H).

Figura 32: Construcción segunda parte del proyecto.



Fuente: Autor

La tercera parte estará involucrada con el sistema eléctrico revisar (Anexo I) en el cual se procederá a instalar los elementos eléctricos que consta de:

- breakers
- 1relaay
- 1 variador
- 1 enchufe embra
- 1 encoder
- 1 boton on/off
- 1 luz pilot
- 1 visor de metros
- 1 reset
- 1 potenciómetro con dial

Figura 33: Construcción tercera parte del proyecto.



Fuente: Autor

También se incluirá el instrumento que será quien nos genere el alto voltaje aplicado el cual es un megger de la serie MIT1025 a el cual se le hará unas modificaciones en la parte interna para sacar las conexiones de los contactos positivo, negativo y USB.

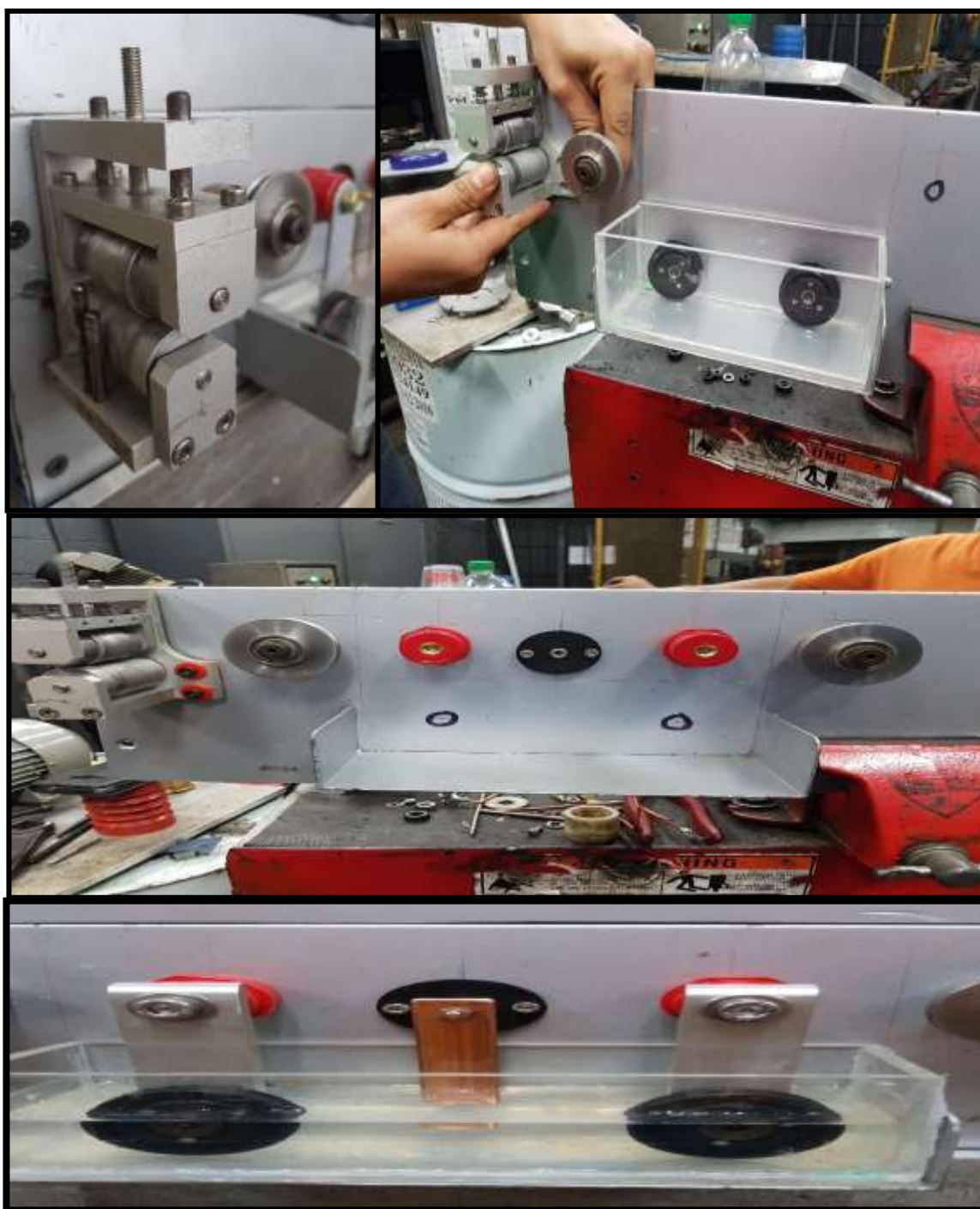
Figura 34: Ensamblaje de megger.



Fuente: Autor

La cuarta parte esa enfocada en el panel central del equipo que estará compuesto por el prensador de hilo, las poleas guías con sus respectivos aisladores una barra de cobre que es nuestro contacto negativo que sumergido en el agua y la bandeja de acrílico que contendrá el agua que sea necesaria para la realización de la prueba.

Figura 35: Construcción cuarta parte del proyecto.



Fuente: Autor

4.1.2 Función.

Este equipo de alto voltaje elaborado con elementos de otras máquinas y materiales en desuso, haciendo que encaje en el laboratorio de calidad con una mejor eficiencia y así poder mantener un excelente control de la calidad en las funciones que se desarrolle (revisión del alambre esmaltado). Este equipo será muy práctico, innovador y utilitario para la empresa dándole mayor efectividad en las pruebas de calidad.

4.1.3 Operación del equipo de calidad.

Este equipo de alto voltaje podrá ser manipulado por cualquier persona, ya que este probador de la resistencia de asilamiento cumple con la seguridad necesaria teniendo aislada completamente su panel central donde se produce el trabajo eléctrico evitando que el equipo este energizado y además de tener un contacto a tierra, que es una barra de cobre de 2,5 metros enterrada para prevenir cualquier descarga eléctrica.

Este equipo también cuenta con la facilidad de manipular la muestra de alambre esmaltado tanto para ponerla como para quitarla.

4.1.4 Reconocimiento del producto al cual se le va a realizar la prueba. (Bobina de alambre esmaltado).

La bobina de alambre esmaltado en este caso será un calibre 18AWG el cual tiene un diámetro de esmalte de 1.110 mm y un diámetro de cobre de 1.013mm, realizando una resta entre ambos datos nos da un valor de 0.097 mm que sería nuestro valor del espesor del aislamiento, para este diámetro el voltaje aplicar para la verificación de su correcta fabricación es de un voltaje aplicado de 1500voltios.

Figura 36: Reconocimiento del producto a probar.



Fuente: Autor

4.1.5 Medición de Standares a cumplir del equipo.

Pruebas de voltaje. La mayoría de pruebas se realiza con un voltaje de 1500v a continuación mostraremos una imagen en donde se aprecia que el voltaje aplicado es el mismo que el obtenido. Para esto se utilizara un multímetro de alto y una punta de alto voltaje revisar (anexo o). Los valores obtenidos cumplen con lo deseado, teniendo un voltaje aplicado de 1500v y en el visor del multímetro nos refleja 1504v.

Figura 37: Multímetro y punta de alto voltaje.



Fuente: Autor

Pruebas de velocidad; está establecida en 18m/min es el valor que nos debe reflejar al medir con el tacómetro, revisar (anexo o). La velocidad obtenida es la idónea para la prueba cumpliendo con los 18 metros por minuto que establece la norma de referencia en la prueba de continuidad.

Figura 38: Tacómetro



Fuente: Autor

4.2 Inversión y Estructura del financiamiento.

4.2.1 Inversión.

El financiamiento del proyecto requiere una inversión inicial de \$10.132 dólares (diez mil ciento treinta y dos dólares 00/100) la inversión estará a cargo en gran parte por la empresa **Electrocables C.A.** realizando una inversión del 70% la diferencia será cubierta por parte del autor del proyecto.

En la tabla 3, se detalla uno a uno los elementos que se utilizaron en el equipo el gasto total es un rubro representativo que al final la empresa lo recupera en un lapso corto y a su vez se beneficiará con un equipo de prueba el cual servirá de mucho apoyo para el laboratorio de control de calidad de la empresa.

Tabla 3: Lista de instrumentos.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Equipo de Megger	1	\$5.539	\$5.539
Cables	1	\$383	\$383
Motor trifásico 0.5hp Siemens	1	\$800	\$800
Reductor sinfín tipo S	1	\$350	\$350
Banda	1	\$36	\$36
Construcción de caja metálica	1	\$500	\$500
Poleas guía	5	\$20	\$100
Polea estiramiento	1	\$120	\$100
Polea recogimiento	1	\$150	\$150
Timer	1	\$160	\$160
Pulse meter	1	\$250	\$250
Control de velocidad	1	\$30	\$30
Encoder	1	\$180	\$180
Variador Siemens Sinamics G11/120 BOP	1	\$350	\$350
Panel operador BOP	1	\$70	\$70
Breaker	2	\$30	\$60
Pulsadores (verde y rojo)	2	\$15	\$30
Selector de posición	1	\$20	\$20
Pulsador de emergencia	1	\$30	\$30
Laptop + Programa Megger	1	\$1000	\$1000
Inversión Inicial			\$10.132
Gastos extras (Pintura, soldadura, trabajos de torno y fresa, traslados, rodamientos, etc.)			\$868
TOTAL			\$11.000

Fuente: Autor

A continuación se procederá a realizar el análisis económico financiero del proyecto.

De esta manera, el análisis financiero que se expondrá a continuación permitirá conocer la factibilidad económica del proyecto.

En este sentido, se hará uso de algunos indicadores que permitirán evaluar la importancia de este equipo.

Sin embargo, para hacer uso de estos indicadores, primeramente se procederá a determinar los diferentes ingresos y egresos monetarios del proyecto.

Para comenzar, se procederá a describir tanto la inversión necesaria de proyecto como la estructura del mismo.

4.2.2 Estructura de la inversión inicial

Fuente: Elaboración Propia

Las fuentes de donde provendrán los fondos para cubrir la inversión inicial descrita anteriormente son dos:

Inversionista beneficiario (70%)

Autor del proyecto (30%)

Inversionista

Para el presente proyecto se contará con un fondo de inversión por parte de la empresa para la realización del proyecto los cuales aportarán con el 70%.

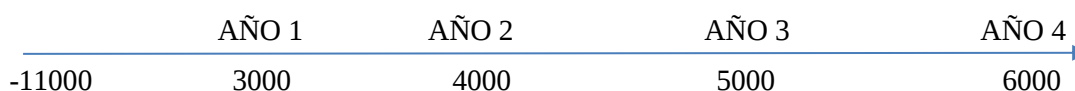
Autor del proyecto

El resto de la inversión será cubierto con un préstamo bancario por parte del autor.

Realizando el siguiente cálculo del valor actual neto nos daremos cuenta de la factibilidad del proyecto.

VAN

Costo Inversión	CI = \$11.000
Tiempo	t = 4 años
Interés	i = 10.5% = 0.105

AÑO 1

$$3000/(1 + 0.105)^1 = 3000/(1.105)^1 = 2714.932$$

AÑO 2

$$4000/(1 + 0.105)^2 = 3000/(1.105)^2 = 3275.936$$

AÑO 3

$$5000/(1 + 0.105)^3 = 3000/(1.105)^3 = 3705.810$$

AÑO 4

$$6000/(1 + 0.105)^4 = 3000/(1.105)^4 = 4024.409$$

$$VAN = 2714.932 + 3275.936 + 3705.810 + 4024.409.$$

$$VAN = 13721.090$$

$$VAN = 13721.090 - 11000$$

$$VAN = 2721.090$$

Se ha obtenido un VAN positivo, en donde se recuperara la inversión en un lapso de 4 años, teniendo así resultados favorables para los beneficiarios del proyecto el laboratorio de calidad y para la empresa.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño y construcción del equipo de pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico del alambre esmaltado de cobre siendo de gran ayuda en los ensayos que realiza el laboratorio de calidad de Electrocables.
2. Concluimos mediante el estudio de ingeniería inversa que las partes utilizadas en el equipo son las idóneas para la realización de esta prueba de alto voltaje.
3. Se obtiene una prueba más estricta por lo que el área de producción mejora continuamente la calidad del producto para así cumplir con esta prueba y evitar futuros reclamos de clientes.
4. Se logra obtener la eficiencia y eficacia deseada con este equipo el cual revisa una bobina en un tiempo de 4 minutos, acelerando el proceso de revisión anterior que era de 18 minutos por bobina y además evitamos los cuellos de botella.
5. La selección y diseño de los componentes que contiene este equipo fueron los indicados facilitando el trabajo, mejorando la interacción hombre máquina, teniendo un equipo fácil de manejar y con la seguridad necesaria para evitar accidentes.
6. La estructura del equipo la diseñamos de tal forma que se muestre rígida, firme y segura para evitar cualquier inconveniente al momento de querer transportar el equipo de un sitio a otro, teniendo mayor ergonomía y que sea de fácil manipulación para los trabajadores.
7. Después de concluir la construcción del equipo se lo sometió a pruebas experimentales comparando resultados de voltaje y tiempos entre el equipo anterior y el actual obteniendo datos favorables para nuestro proyecto técnico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mantener el nivel del agua arriba de la mitad de las poleas que están en la bandeja acrílica. también se debe cambiar el agua cada 2 días para que el equipo tenga una mejor presencia, el agua deberá ser tomada del sistema de osmosis ya que tiene mejor conductividad que la normal.
2. Para incrementar el tiempo de vida de rodamientos y chumaceras se deberá engrasar periódicamente una vez al mes.
3. Impartir la capacitación adecuada para que los trabajadores tengan una acertada manipulación del equipo y así puedan trabajar de manera correcta.
4. Se recomienda el uso de equipos de protección personal para que la prueba sea totalmente segura, como por ejemplo: gafas, guantes. Sugerencia para que el operador tenga mayor protección a su integridad.
5. Se sugiere una revisión semestral del equipo de alto voltaje “Megger” para así estar seguros de que el voltaje aplicado es el idóneo, además de que la batería de este instrumento deberá revisarse cada 3 meses.
6. Se debe realizar un mantenimiento al equipo de resistencia de aislamiento, en función de la frecuencia de uso, se recomienda revisar conexión Breaker, variador, velocidad del motor y conexión de barra de cobre enterrada que es la tierra del equipo, para así mantener en buenas condiciones la funcionabilidad del mismo.
7. Se recomienda que no se utilice calibres de alambre muy gruesos para los cuales no fue diseñado el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] L. H. Bertrand y M. G. Prabhakar, Control de Calidad Teoria y Aplicaciones, Madrid: Diaz de Santos, S.A., 1990.
- [2] Elektrisola, «Elektrisola Enamelled Copper Wire,» [En línea]. Available: <http://www.elektrisola.com/es/materiales-conductores/cobre.html>.
- [3] J. Servin Zapata, Metodologia para la Planeacion de la Calidad como estrategia para reducir problemas del Alambre Magneto., Mexico, D.F, 2014.
- [4] L. «Lenntech,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>.
- [5] W. Bolton, Mediciones y Pruebas Electricas y Electronicas., Barcelona: Marcombo - Boixareu Editores, 1995.
- [6] R. A. Puerres Guilcazo y E. D. Toledo Picoita, Construcccion de un Molde de Acero por Mecanizado para Fundicion de Poleas en Aleaciones de Aluminio, Quito, 2008.
- [7] A. Pastor, D. Escobar , E. Mayoral y F. Ruiz, Cultura General / Ciencia y Tecnologia. Nivel II, Madrid: Graficas Rogar, 2011.
- [8] R. Rios Martinez, C. M. Lopez Gonzalez y R. M. Martinez Cruz, Propuesta de Control para una Prensa Excentrica de Mesa Fija con Transmision de Engranajes y Sistema Hidraulico de Sobrecarga., mexico, 2009.
- [9] J. M. Martinez Rubio, J. Albaladejo Moreno, C. Dominguez Montagud, A. F. Perles Ivars y H. Hassan Mohamed, Curso de informática industrial : aplicación con el microcontrolador, Valencia: Valencia, 2001.
- [10] «ANSI.ORG,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.ansi.org/>.
- [11] «definicion.de,» 2016. [En línea]. Available: <http://definicion.de/voltaje/>.
- [12] «Megger.com,» 2016. [En línea]. Available: <http://es.megger.com/>.
- [13] «NEMA - National Electrical Manufacturers Association,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.nema.org/Products/Pages/MW-1000.aspx>.

- [14] «oxforddictionaries.com,» 2016. [En línea]. Available:
<https://es.oxforddictionaries.com/definicion/cobre>.
- [15] «Electrocables S.A,» 2016. [En línea]. Available:
<http://electrocable.com/productos/esmaltado/200.html>.
- [16] E. J. Acosta Carrasco y A. A. Garces Cadena, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE PRUEBAS PARA LA VERIFICACIÓN DE CONTINUIDAD DEL ESMALTADO Y RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ALAMBRE REDONDO DE COBRE PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EMPRESA ECUATRÁN S.A., Latacunga, 2014.

LINKOGRAFÍA

<http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/edm/Cap5.htm>

http://www.hcenergia.com/recursos/doc/Conocenos/Distribucion/Especificaciones_tecnicas/Subestaciones_y_CR/1880252968_2882013105258.pdf

http://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf

https://www.technical.cat/PDF/Siemens/MECATRONICA/manual_sinamics_G110.pdf

<http://industria.siemens.com.mx/motores/Docs/Motores%20NNM.pdf>

https://portalvhds963slh4m3fqg2.blob.core.windows.net/megger-products/MIT515--MIT525--MIT1025--MIT1525_UG_es_V03.pdf

ANEXOS

Anexo A: Manual de uso

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MEGGER)

DEFINICIONES

Esta es una prueba extrema desarrollada por el laboratorio de esmaltado para clientes en especial los cuales necesitan que nuestro producto tenga una resistencia de aislamiento excelente. La prueba se hará con un equipo de megger para aplicarle alto voltaje al cobre de la bobina y en un equipo automatizado que contiene una bandeja con agua donde conectaremos la tierra del megger a través de esta bandeja que contiene agua pasara el alambre esmaltado.

Equipo

- 1.- Megger
- 2.-Laptop
- 3.- Equipo de prueba (con agua)

Procedimiento conectar laptop y megger

- 1.- Conectamos el megger y la laptop a través del USB.

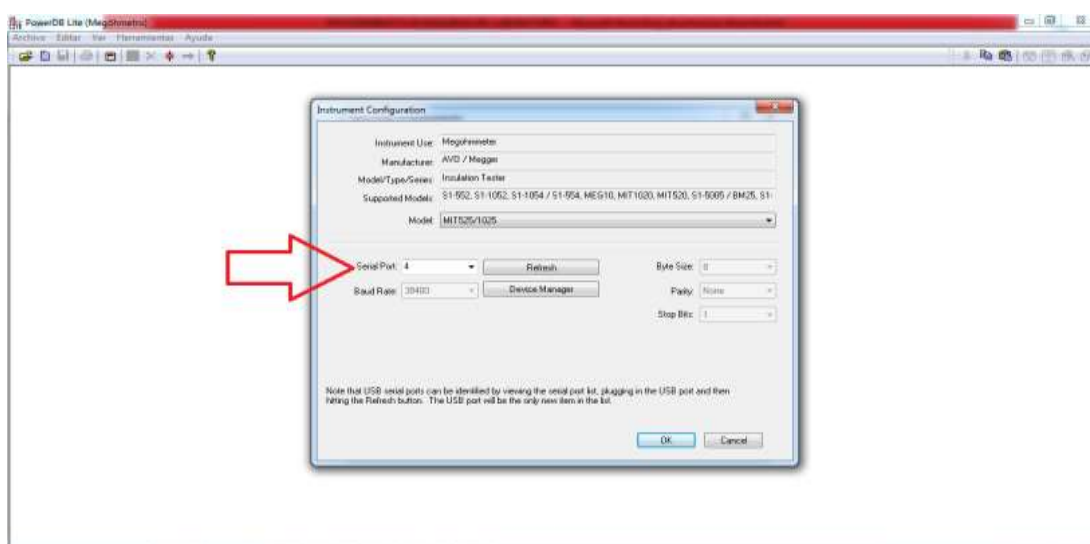
- 2.- Abrimos el programa “PowerDB 10 lite”



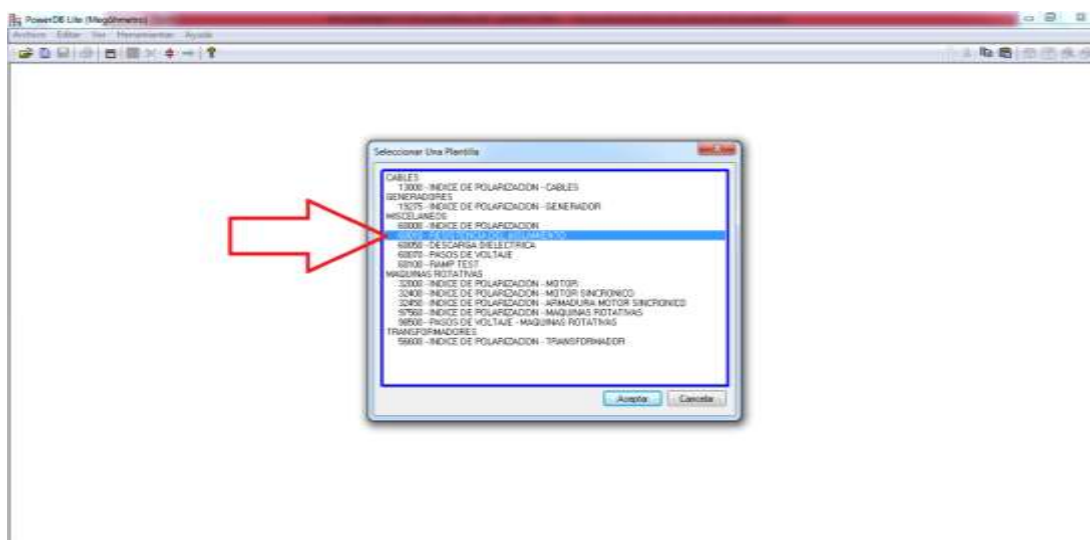
- 3.- Se desplegará una pantalla del programa que nos dice que nuestro instrumento no está seleccionado y en la ventana central es donde elegimos el modelo de “**Megger Mit-1025**”



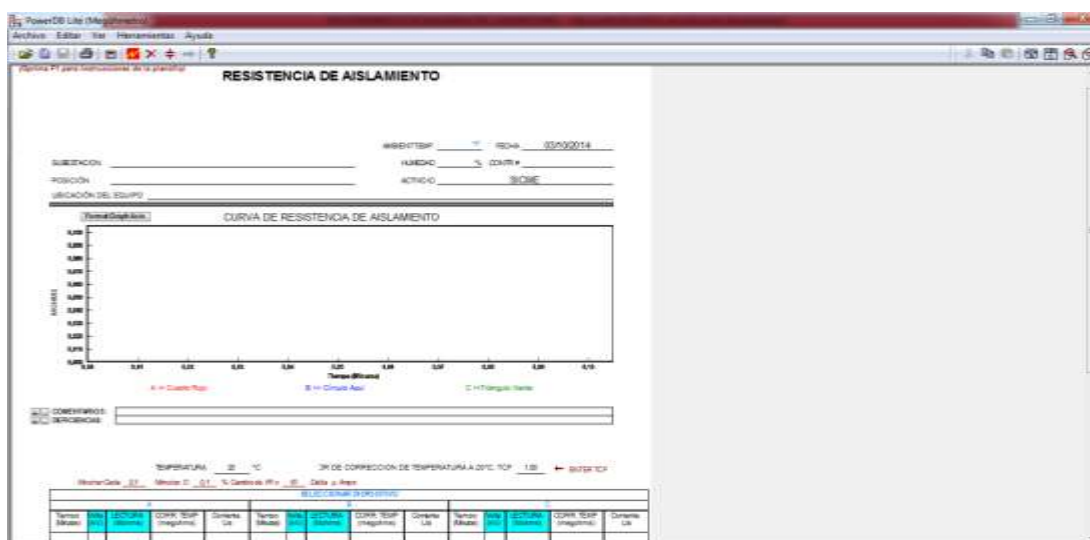
3.- Ahora estamos en línea con el (megohmetro) y nos sale otra ventana central en la cual configuramos a que puerto USB tenemos conectado el megger a la laptop en este caso está conectado en el “**puerto USB 4**” y damos clic en ok.



4.-Se despliega otra ventana central en la que elegimos la plantilla de la prueba a realizar la cual es resistencia de aislamiento y damos clic en aceptar



5.-ahora tenemos nuestra plantilla de resistencia de aislamiento en la cual vamos a trabajar



6.- Ahora damos clic en  inicializar equipo para que estén configurados la laptop con el megger y nos saldrá que ha sido aceptado.

7.-Buscamos en la plantilla **LECTURA (MÓDULO)** le damos clic derecho y automáticamente se abre otra ventana

En la cual salen llenos unos campos por default y se debe escribir (nombre del test y la fecha)

5.-En esta ventana le damos clic en “Start New Live Stream” donde se abrirá otra ventana la cual nos indica que pasos hacer en el megger

1. Elegir opción IR (t)

2. Programar el voltaje



3. Test (comienza la prueba)

Procedimiento equipo de prueba y bobina

1.-El alambre esmaltado de la bobina a probar la pasamos por el prensa hilo y luego por las poleas guías pasándolas por debajo de las poleas sumergidas 10mm en agua y vuelve arriba de nuevo pasando por la polea guía luego por el Encoder y luego se envuelve en el tambor de recogimiento de la muestra.

2.- La punta de cobre que va en el tambor de recogimiento tiene que ser lijada para quitarle el esmalte en su totalidad para luego sea ajustada siendo nuestro contacto positivo de la prueba en tanto que el agua es nuestro polo negativo.

3.-El agua estará conectada al polo negativo del equipo de alto voltaje.

4.-En el panel del equipo programamos la velocidad deseada de la prueba y también el número de metros a probar.

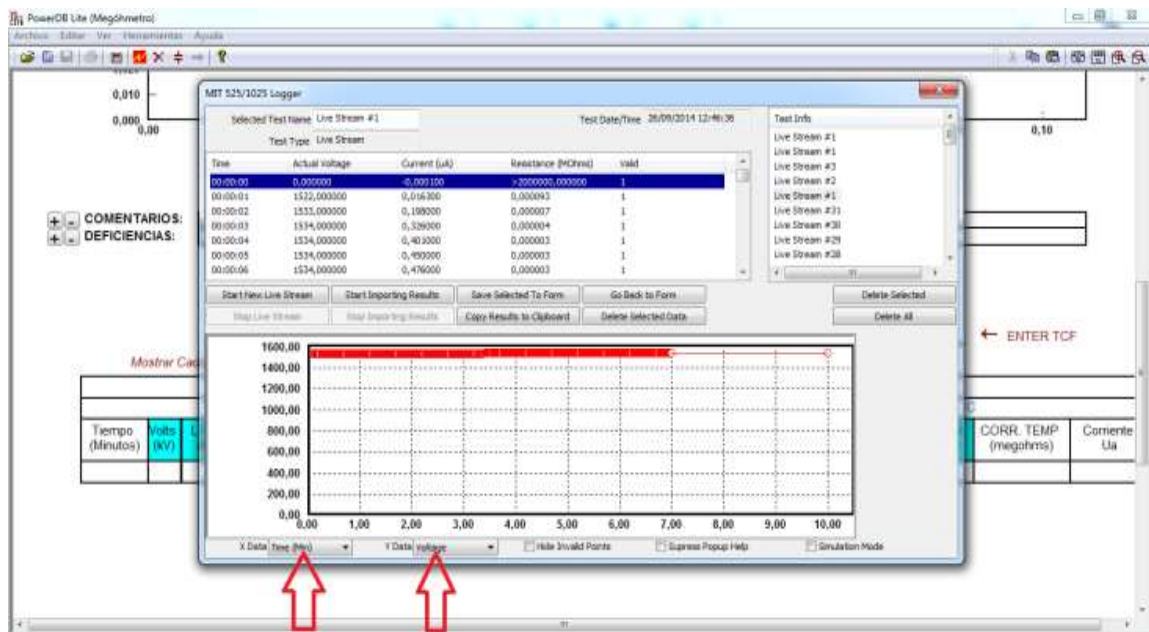
5.-Seleccionamos dar marcha en el botón **(verde)** del panel y a su vez en el megger apretamos el botón **(Test)**

6.-Se comenzara a graficar en la plantilla en la plantilla

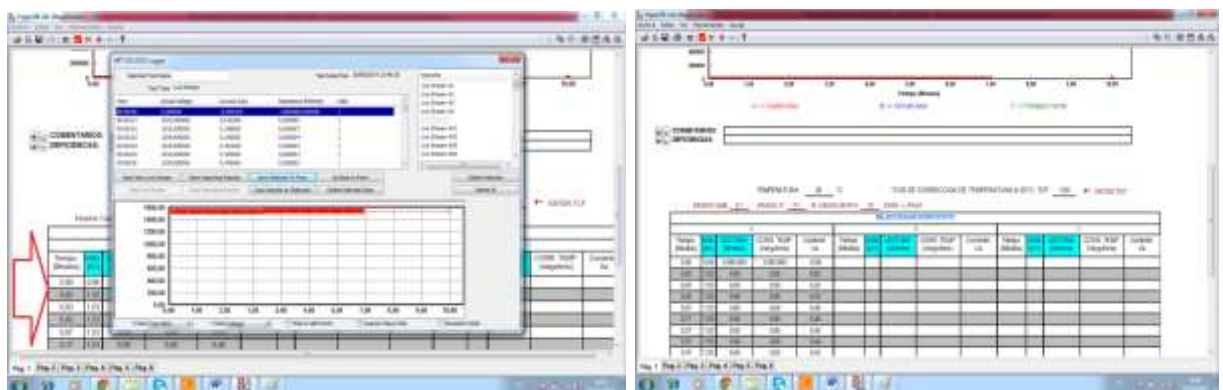
7.-Los datos del eje x deben estar programados en minutos **“Time (min)”**

Los datos del eje y deben estar programados en **voltaje**.

Al finalizar la prueba si nuestra bobina no tuvo fallas este es el grafico que debe salir
(Línea roja en una sola recta horizontal)



8.-Cuando la prueba culmino damos clic en **Save Selected To Form** automáticamente los datos de la prueba se copian a la plantilla base y cerramos la ventana central.

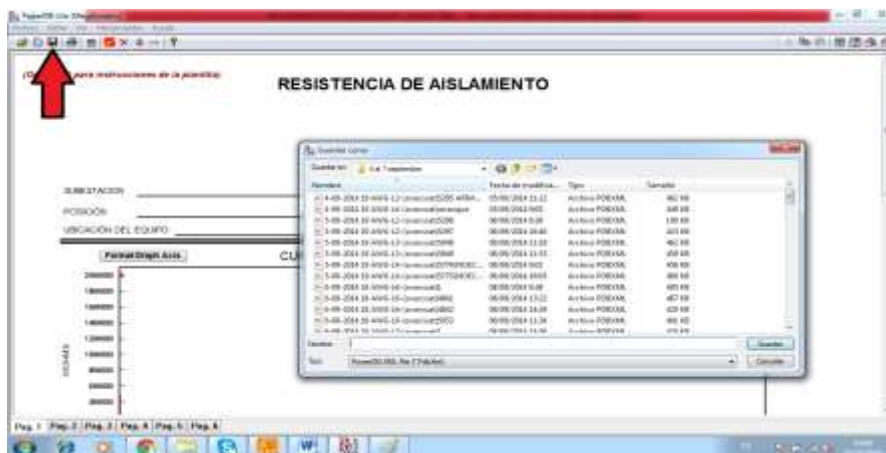


9.-Damos clic en “guardar”

Creamos carpeta por producción y semana (lunes a domingo)

Detallamos:

→Día-mes-año-calibre-línea-(normal/overcoat)-#bobina



10.-Registramos en la tarjeta de “registro de pruebas”.

Ponemos: Bobina sin fallas → megger ok
 Bobinas con fallas → megger #fallas

RECOMENDACIONES DE CONFIGURACION

1. Para realizar otra prueba solo elegimos una plantilla nueva



2. Si queremos elegir otro puerto USB damos clic en **Refresh** y nos aparece el número del puerto al que conectamos nuestro megger



3. El nivel de agua de la bandeja debe estar cubriendo 10mm de las poleas.

Anexo B: Planta de esmaltado

Anexo C: Construcción de estructura.



Anexo D: Construcción de tapas con planchas de hierro.



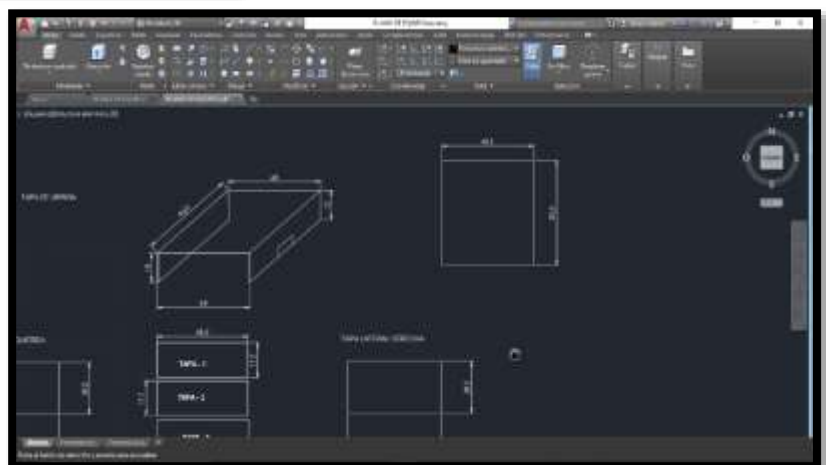
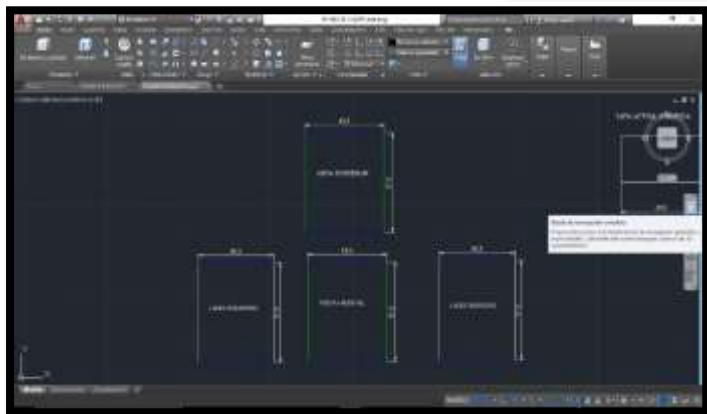
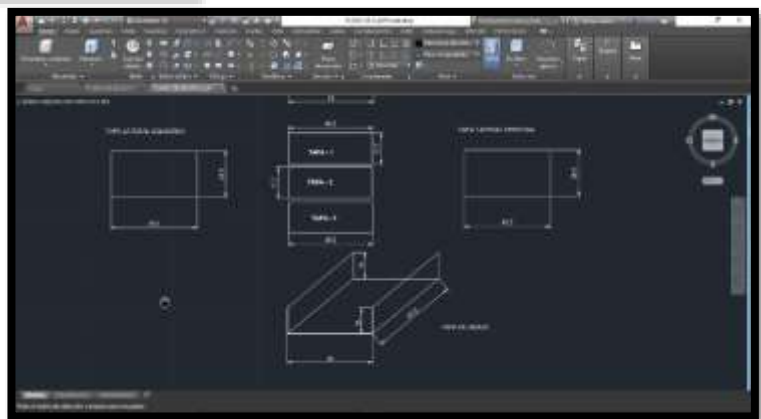
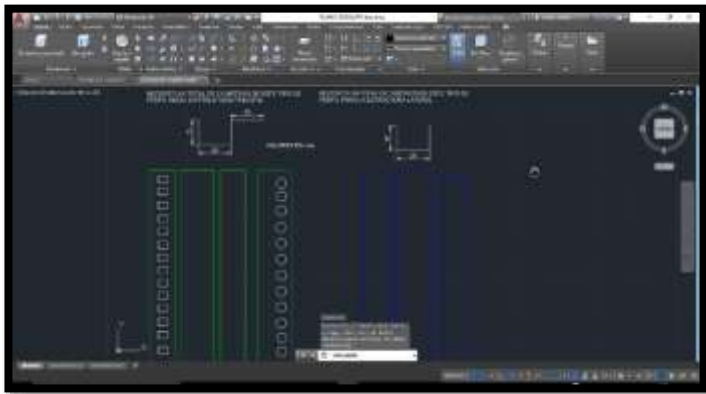
Anexo E: medición y presentación del equipo de alto voltaje en la estructura.



Anexo F: pintado de la estructura.



Anexo G: Diseño de la estructura y medidas en AutoCAD



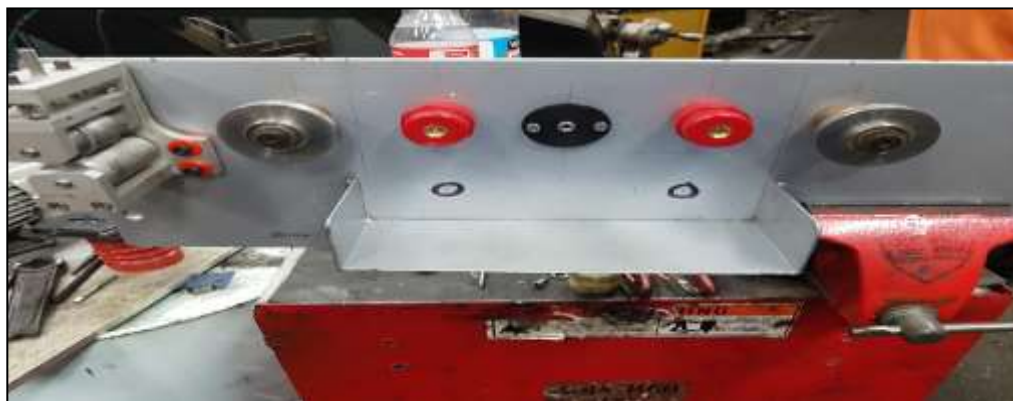
Anexo H: Selección de partes y ensamblaje de sistema mecánico.



Anexo I: Selección de partes y ensamblaje de sistema eléctrico.



Anexo J: Selección de partes y ensamblaje de sistema de contacto de prueba.



Anexo K: Características de la soldadura utilizada



Soldadura INDURA

ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO

INDURA 6011 - AWS E-6011

Descripción:
El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Características:

- Electrodo para soldar aceros dulce o al carbono.
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo (CCEP)
- Corriente alterna (CA)
- Revestimiento canela (celulósico potásico)
- Punto azul

Usos:
Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero al carbono.

Aplicaciones Típicas:

- Cordón de raíz en cañería
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras metálicas
- Planchas galvanizadas
- Embarcaciones
- Estanques
- Obras de Construcción

Almacenamiento:
Temperatura ambiente

Mantenimiento:
No Recomendado

Reacondicionamiento:
No Recomendado






COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,11%
Mn	0,41%
Si	0,23%
P	0,010%
S	0,017%

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Límite de Fluencia	424 Mpa
Resistencia a la Tracción	495 Mpa
Agrietamiento en 50 mm	27%
Energía Absorbida	34 J a -30°C

AMPERAJES RECOMENDADOS										
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja
			pulg	mm	pulg	mm	min	max		
2000093	E 6011	E 6011	3/32	2,4	12	300	50	90	74	25
2000094	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	25
2000095	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	24	25
2000096	E 6011	E 6011	3/16	4,8	14	350	160	220	17	25
1030482	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	20
1030483	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	24	20
2000459	E 6011	E 6011 (1Kg)	1/8	3,2	14	350	80	120		25



Anexo L: Aisladores utilizados

Aisladores eléctricos

Aisladores Standoff de Storm Copper- Se envían GRATIS a través de UPS y USPS tierra en EEUU.

Moldeado para alta resistencia, los aisladores standoff de Storm Copper están hechos de fibra de vidrio, termo-set de polyester. Esto un material adherido, que tiene mayor humedad y tolerancia al calor que los aislantes de plástico, y con mayor resistencia mecánica que permite a los instaladores eléctricos ponerlos encima de tolerancias más alto que con aisladores de porcelana. Esto hace los aislantes de Storm Copper sean mas adecuados para la barras de puesta a tierra y las aplicaciones del perimetro de tierra.

El termo poliéster compuesto de molde que hace Storm Copper es reconocido por los dispositivos actuales de transporte bajo el UL Reconocimiento de Materiales , Numero E 80533 (NI). Este material inastilables, también tiene una alta resistencia mecánica, mas resistencia de arco alto y propiedades dieléctricas a elevadas temperaturas y humedad.

Aislador Standoff de Storm Copper

Aisladores Standoff se utilizan principalmente para aislar y como soporte de las barra colectoras, (bus), o barras puesta de tierra utilizada en la transmisión de alta tensión. Esto incluye los tableros de control. Los materiales más comunes utilizados para aisladores standoff usada con la transmisión de energía son de cerámica o porcelana, y con materiales compuestos de polímero.

Aisladores de porcelana están hechos de arcilla, cuarzo y feldespatos o alúmina, y luego se cubre con un glaseado suave para reducir la acumulación de suciedad. Aisladores de porcelana, rica en alúmina se utilizan donde la mecánica de alta resistencia es una necesidad. Mientras que los aislantes de porcelana tienen grados de alta resistencia, son fáciles de astillas y se rompen fácilmente, por lo que se debe tener cuidado durante la instalación.

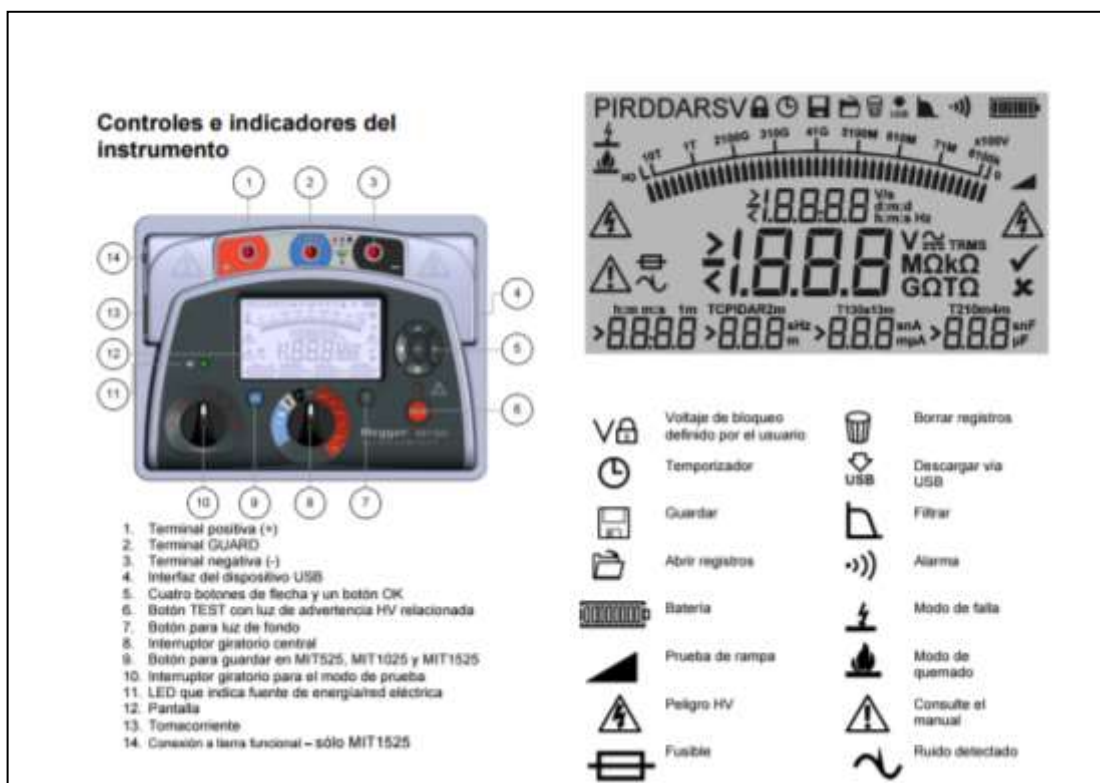
Aisladores compuestos son menos costosos, más livianos en peso y tienen capacidad excelente hidrofóbica. Esta combinación las hace ideales para el servicio en las zonas interiores afectadas por los residuos industriales, como el aceite y la grasa de la máquina.

Aisladores Standoff vienen con clasificaciones de alta tensión, que está determinada por el material utilizado, el espesor del cuerpo y en cierta medida, la forma. Ya que el diseño de los aisladores muy a menudo, incluye surcos profundos o coberfizados.



Interruptor de	Alta Resistencia	Poste del Centro	Aparato de Servicio Pesado	Poste del Centro, grande	15 kV
Placa del Panel					

Anexo M: Especificaciones del manual de megger.



Instrucciones de uso

Uso general

Los comprobadores de resistencia de aislamiento (IRT, por sus siglas en inglés) MIT515, MIT525, MIT1025, MIT1525 se controlan principalmente mediante dos interruptores giratorios y un botón TEST para iniciar y detener una prueba (consulte la sección titulada "Controles e indicadores del instrumento"). El interruptor giratorio central incluye una posición OFF; el instrumento se enciende al girar el interruptor tanto en el sentido de las manecillas del reloj como en sentido contrario desde esta posición. Está disponible un rango de voltajes de prueba para las pruebas de resistencia de aislamiento de hasta 5 kV para MIT515/MIT525, hasta 10 kV MIT1025 y hasta 15 kV para MIT1525, incluido un rango de voltajes que el usuario puede seleccionar y que se puede ajustar entre 100 V y 5000 V o 10000V dependiendo del modelo. El rango de voltaje de prueba "bloqueable" se puede ajustar en la función de configuración.

La función de configuración se indica mediante un símbolo de llave inglesa y permite ajustar el voltaje de bloqueo, la alarma de baja resistencia, la temperatura y la hora/fecha. Una sección de color azul claro en el interruptor giratorio indica las funciones de memoria; abrir registros, descargar vía USB y borrar registros. Los modelos MIT525, MIT1025 y MIT1525 están provistos con un botón específico para guardar y todos los modelos tienen un botón para la luz de fondo.

Un segundo interruptor giratorio controla el modo de prueba de aislamiento que ofrece las pruebas siguientes:

- Todos los modelos tienen pruebas básicas de resistencia de aislamiento IR, resistencia de aislamiento temporizada IR(t), relación de absorción dieléctrica (DAR) e índice de polarización (PI).
- Los modelos MIT525/MIT1025/MIT1525 tienen pruebas adicionales; descarga dieléctrica (DD), voltaje por pasos (SV) y prueba de rampa.

Un grupo de botones de dirección y un botón OK se utilizan para las funciones de configuración y memoria. Las flechas arriba/abajo también permiten ajustar el voltaje de prueba durante una prueba. *Antes de empezar las pruebas IR e IR(t), presione el botón de*

flecha izquierda con un nivel de voltaje seleccionado en el interruptor central giratorio activará el modo de quemado. El modo de quemado se desactiva cuando se cambia el rango o modo de voltaje o al presionar el botón de flecha derecha/falla.



Los controles del instrumento son fáciles de operar. El interruptor giratorio central incorpora la posición OFF. El interruptor giratorio izquierdo selecciona el tipo de prueba de aislamiento (interruptor de modo de prueba). El botón TEST inicia y detiene una prueba.



Cuatro botones de flecha y OK facilitan el ajuste y selección de configuraciones, voltajes y modos. Los modos de falla/quemado se configuran con los botones de flecha izquierda y derecha. Las funciones de luz de fondo y guardar son botones especializados. Todos los modelos tienen una luz de fondo y el MIT525 y MIT1025 tienen un botón Save.

Modo de falla vs. modo de quemado

En el modo de falla las pruebas de aislamiento se detienen automáticamente cuando una falla provoca que el voltaje aplicado descienda rápidamente. Las pruebas de IR en modo de quemado ignoran la falla y siguen con la prueba de aislamiento y por lo tanto son pruebas destructivas. El modo de quemado se utiliza con el propósito de crear un rastro de carbón en el aislamiento para facilitar la localización de las fallas. El modo de quemado sólo funciona en voltajes de prueba de 500 V y superiores.

Voltímetro

Un voltímetro se encuentra incorporado en el instrumento y mide el voltaje de CA y CC desde 30V hasta 650 V. Mide y muestra la frecuencia (Hz) para los voltajes de CA.

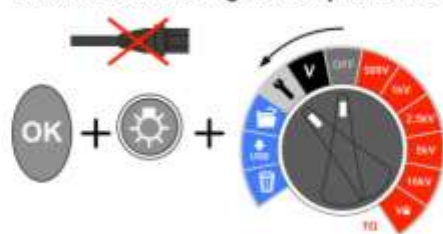
El voltímetro se puede utilizar para confirmar que el aislamiento está descargado y es de uso general. Las terminales positiva y negativa se utilizan para la función de voltímetro; **no** conecte la terminal GUARD en el **modo de voltímetro**.

Para mayor seguridad del usuario, el instrumento pasará automáticamente a modo de voltímetro si un voltaje de 50 V o más se conecta a los terminales. El voltaje medido se visualizará y se emitirá un sonido intermitente para advertir al usuario de la existencia de un voltaje peligroso.

Para obtener más explicaciones, consulte "Ejecutar una prueba de aislamiento" en la página 11.



Restablecer la configuración por defecto



Elimine la fuente de CA, presione el botón de OK, la luz de fondo y cambiar el interruptor principal giratorio desde OFF a la creación de iconos.

Mantenimiento preventivo

Limpieza

Desconecte el instrumento y límpielo con un paño limpio ligeramente humedecido con agua con jabón o alcohol isopropílico (IPA). Se debe tener cuidado cerca de las terminales, tomacorrientes IEC y entradas USB.

Cuidado del instrumento

Siempre se debe manejar el instrumento con cuidado y no dejarlo caer. Asegúrese siempre de que el instrumento esté asegurado durante su transportación para evitar choques mecánicos.

Cables

Los cables están aislados con silicona y tienen buen rendimiento en todas las condiciones climáticas. Mantenga siempre los cables en la bolsa con clip para cables suministrada con el instrumento.

Se recomienda la inspección regular de los cables para asegurar que no tengan daño alguno. Los cables dañados podrían afectar las lecturas de resistencia de aislamiento y son un peligro para la seguridad.

Cuidado de la batería

La batería se debe cargar de forma rutinaria en un mínimo absoluto de una vez al año. Sin embargo, es preferible una carga más frecuente, es decir, una vez por trimestre.

Nunca intente cargar la batería en temperaturas inferiores a 0 °C o superiores a +40 °C. La batería se carga conectándola a la fuente de energía con el tomacorriente IEC del instrumento.

Almacene el instrumento en un lugar fresco y seco para mejorar la vida de la batería. Se deben evitar las temperaturas de almacenamiento inferiores al nivel de congelamiento.

Cambio de la batería

Lea cuidadosamente y entienda las advertencias sobre la batería de ion de litio en la sección "Precauciones de seguridad" de este documento.

El paquete de la batería contiene celdas de ion de litio y debe reemplazarse cuando ya no guarde la carga. Puede obtener una batería nueva como repuesto de Megger. **Se deben utilizar paquetes de batería Megger genuinos. No utilizar piezas genuinas puede afectar el rendimiento seguro del producto e invalidar la garantía.**

Peligro de descarga eléctrica: retirar el estuche inferior para cambiar la batería expone el cableado de alimentación de CA que estará en un nivel de voltaje peligroso si el equipo está conectado a la alimentación de CA.

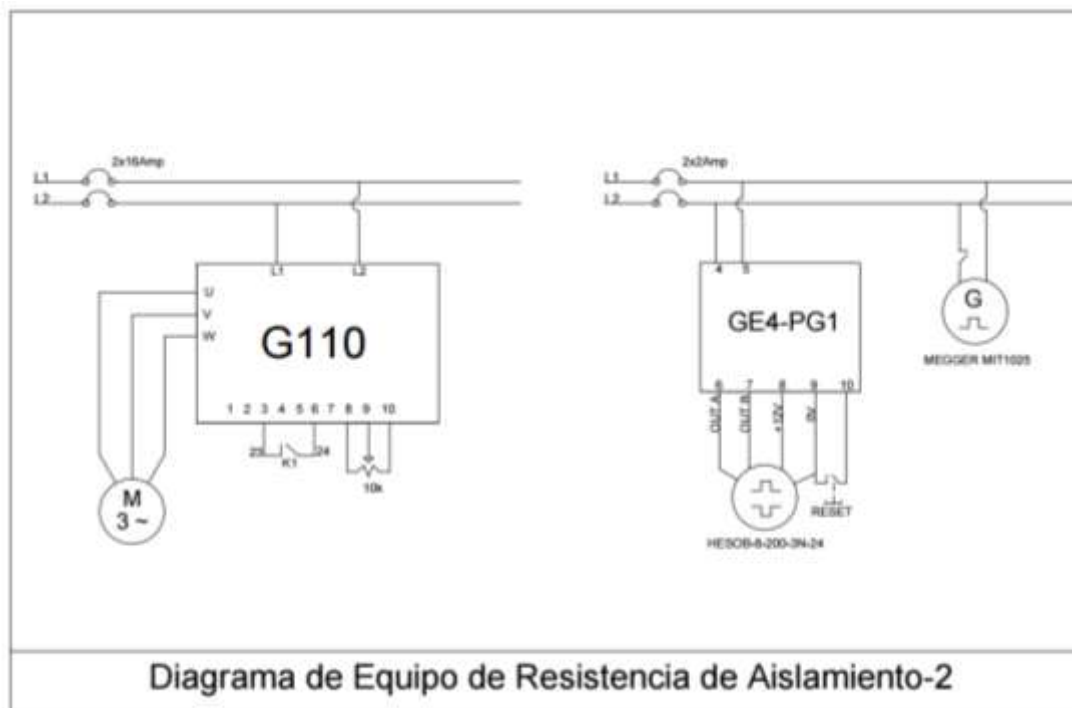
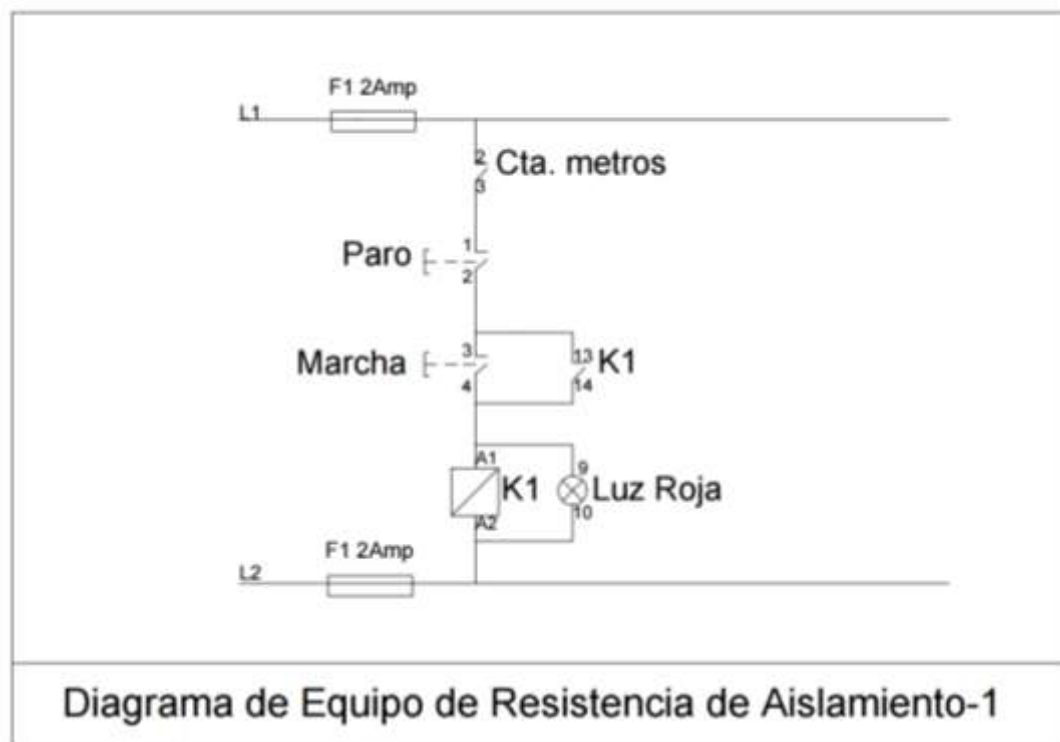
Reemplazar la batería implica retirar cuatro tornillos en la parte inferior del instrumento después de lo cual se puede levantar la base desde el panel frontal y el ensamble moldeado interno. Se debe tener cuidado de mantener juntos el panel frontal y el ensamble moldeado. El paquete de la batería se encuentra dentro de una funda gris moldeada y asegurada por cuatro tornillos.

En ningún caso se debe abrir el estuche interior transparente. Voltajes peligrosos de hasta 10 kV estarán expuestos. En el interior no hay piezas a las que se les pueda dar servicio. Consulte al personal de servicio calificado. Si hay algún daño en la carcasa interior transparente o su tapa, entonces confirme que el interruptor giratorio central se encuentra en la posición OFF, desconecte la batería gastada y NO conecte la nueva. Vuelva a colocar el estuche inferior y póngase en contacto con Megger Instruments para el servicio.

Instrucciones:

1. Retire la tapa, coloque el interruptor giratorio central en la posición OFF.
2. Desconecte el cable de alimentación IEC de CA y pruebe todos los cables antes de invertir el estuche inferior, colocando el panel frontal sobre una superficie suave para no dañar el teclado.

Anexo N: Planos eléctricos.



Anexo O: Equipos utilizados en pruebas de alto voltaje y de velocidad.

Multímetro y punta de alto voltaje.



Tacómetro.



Anexo P: Visita y revisión final del tutor.



