



Tecnológico UNIVERSITARIO
‘‘RUMIÑAHUI’’

CARRERA:
ELECTRICIDAD

Proyecto de titulación previo a la obtención del título de
TECNOLÓGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

TEMA

"DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS EN EQUIPOS INDUCTIVOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE MEDICIÓN MEGUER FLUKE 1507 PARA EL LABORATORIO DEL ISTER".

AUTORES:

SANCAN PIN CRISTIAN JOSE.
LOOR GOMEZ JOHNNY ARTURO.
SANTANDER CEDEÑO JHON ERICK.

DIRECTOR:

IGN, MULLO QUEVEDO ALVARO SANTIAGO

Sangolquí,

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

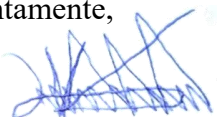
Presente

Por medio de la presente, yo, Johnny Arturo loor Gómez declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS EN EQUIPOS INDUCTIVOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE MEDICIÓN MEGUER FLUKE 1507 PARA EL LABORATORIO DEL ISTER", de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Johnny Arturo loor Gómez
C.I.: 1313140152

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, Cristian José Sancan Pin declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS EN EQUIPOS INDUCTIVOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE MEDICIÓN MEGUER FLUKE 1507 PARA EL LABORATORIO DEL ISTER", de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Cristian José Sancan Pin
C.I.: 1312019985

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, John Erick Santander Cedeño declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS EN EQUIPOS INDUCTIVOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE MEDICIÓN MEGUER FLUKE 1507 PARA EL LABORATORIO DEL ISTER", de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



John Erick Santander Cedeño
C.I.: 1351423148

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

SANCAN PIN CRISTIAN JOSE

LOOR GOMEZ JOHNNY ARTURO.

SANTANDER CEDEÑO JHON ERICK.

TUTOR:

ING. MULLO QUEVEDO ÁLVARO SANTIAGO.

CONTACTO ESTUDIANTE:

0987919295

0987729071

0969966862

CORREO ELECTRÓNICO:

sancancristianjose@gmail.com

johnnyloor1989@gmail.com

jhonsantanderc.1997@gmail.com

TEMA:

"DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS EN EQUIPOS INDUCTIVOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE MEDICIÓN MEGUER FLUKE 1507 PARA EL LABORATORIO DEL ISTER"

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El proyecto "Desarrollo y validación de un protocolo de medición de aislamientos en equipos inductivos utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507 para el laboratorio del ISTER" tiene como objetivo principal garantizar la seguridad y confiabilidad en la operación de equipos inductivos mediante la implementación de un protocolo estandarizado de medición. La falta de un procedimiento estandarizado para evaluar los niveles de aislamiento puede comprometer la integridad de los equipos y la seguridad del personal. Se realizó un análisis teórico sobre la importancia del aislamiento en equipos inductivos, los beneficios y los métodos de medición. Para validar el protocolo, se utilizó el Megger Fluke 1507, asegurando su correcta calibración y funcionamiento. Las mediciones incluyeron diversos equipos inductivos en distintos escenarios. En el caso de cables concéntricos, se obtuvieron resultados de 5.50 Megaohmios y 527 Voltios, indicando un nivel de resistencia aceptable. Sin embargo, al medir un cable recalentado, los valores de 0 ohmios y 1 voltio señalaron un riesgo potencial de falla, recomendándose una revisión exhaustiva del sistema. En un transformador, las mediciones del aislamiento en las bobinas primarias y el núcleo dieron 9.07 Megaohmios a 1.11 voltios, mientras que en las bobinas secundarias se registró 1.10 Megaohmios y 1.11 voltios, sugiriendo una posible degradación en las bobinas secundarias. La medición de un motor de corriente continua reveló una resistencia de 0 ohmios entre los bornes, indicando que el motor está quemado. Finalmente, en una bobina con humedad, se midieron 5.50 Megaohmios y 5.21 voltios en estado seco, que disminuyeron a 0.13 Megaohmios y 2.16 voltios con humedad. Al calentar la bobina, los valores de aislamiento se recuperaron gradualmente. El protocolo propuesto, alineado con normas internacionales como IEEE Std 43 y IEEE Std 510, demuestra ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad y eficiencia en los laboratorios educativos, subrayando la necesidad de un programa de monitoreo continuo y capacitación al personal.

PALABRAS CLAVE:

Medición, laboratorio, aislamientos, motor, Megger, cables, megado, resistencia.

ABSTRACT:

The project "Development and validation of an insulation measurement protocol for inductive equipment using the Megger Fluke 1507 measuring equipment for the ISTER laboratory" has as its main objective to ensure safety and reliability in the operation of inductive equipment through the implementation of a standardized measurement protocol. The lack of a standardized procedure to evaluate insulation levels can compromise equipment integrity and personnel safety. A theoretical analysis of the importance of isolation in inductive equipment, benefits and measurement methods was performed. To validate the protocol, the Megger Fluke 1507 was used, ensuring its correct calibration and operation. The measurements included various inductive equipment in different scenarios. In the case of concentric cables, results of 5.50 Megohms and 527 Volts were obtained, indicating an acceptable level of resistance. However, when measuring an overheated cable, values of 0 ohms and 1 volt indicated a potential risk of failure, recommending a thorough review of the system. On a transformer, insulation measurements on

the primary windings and core gave 9.07 megohms at 1.11 volts, while 1.10 megohms and 1.11 volts were recorded on the secondary windings, suggesting possible degradation in the secondary windings. Measurement of a DC motor revealed a resistance of 0 ohms between the terminals, indicating that the motor is burned out. Finally, in a coil with moisture, 5.50 megohms and 5.21 volts were measured in the dry state, which decreased to 0.13 megohms and 2.16 volts with moisture. When the coil was heated, the insulation values gradually recovered. The proposed protocol, aligned with international standards such as IEEE Std 43 and IEEE Std 510, proves to be an effective tool to improve safety and efficiency in educational laboratories, underlining the need for a continuous monitoring program and staff training

PALABRAS CLAVE:

Measurement, laboratory, insulation, motor, Megger, cables, megado, resistance

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 17 de octubre del 2024

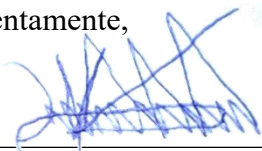
Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: Johnny Arturo loor Gómez, con C.I.: 1313140152 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1313140152

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 17 de Octubre del 2024

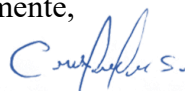
Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: **Cristian José Sancan Pin**, con C.I.: **1312019985** alumno de la Carrera **ELECTRICIDAD**

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1312019985

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 **www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec**

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 17 de octubre del 2024

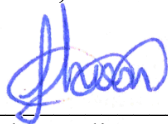
Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: John Erick Santander Cedeño, con C.I.: 1351423148 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1351423148

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

Dedicatoria

Este logro no habría sido posible sin el amor, el soporte y la paciencia incondicional que me han manifestado a lo largo de este arduo camino. A mi esposa, por ser mi roca, mi inspiración y mi compañera inquebrantable. A mis hijos, por ser mi luz, mi alegría y la razón por la que me esfuerzo cada día. Este triunfo es tanto de ustedes como mío. Gracias por creer en mí y por darme la fuerza para seguir adelante.

Cristian José Sancan Pin

Cada página de esta tesis está impregnada del amor y el apoyo que me han ofrecido durante este viaje. A mi esposa, mi cómplice y amiga, gracias por tu paciencia y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles. A mis hijos, por ser mi inspiración constante y por recordarme siempre la importancia de seguir adelante. Este logro es un reflejo de nuestro amor y nuestra unión.

Johnny Arturo Loor Gómez.

Desde pequeño, siempre fuiste mi ejemplo a seguir. Tus valores, tu esfuerzo incansable y tu amor incondicional me han guiado en cada paso de mi vida. Este proyecto de tesis es un reflejo de las enseñanzas y el apoyo constante que me has brindado. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por tus palabras de aliento y por ser siempre mi mayor inspiración. Este logro no sería posible sin tu presencia y tu influencia en mi vida.

Jhon Erick Santander Cedeño.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi querida esposa, Dolores Sancan por tu amor, paciencia y apoyo ilimitado a lo largo de este arduo viaje. Tu comprensión y fortaleza han sido un pilar fundamental para alcanzar este logro. Gracias por estar a mi lado en los momentos de dificultad y por celebrar conmigo cada pequeño avance. Este éxito es tanto tuyo como mío, ya que, sin ti, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer. Te amo y agradezco todo lo que has hecho por mí.

Cristian José Sancan Pin

En primer lugar, doy gracias a Dios, que merece alabanza y respeto por haberme concedido la sabiduría, la resistencia y la fuerza necesaria para cerrar con éxito esta etapa de mi vida. De igual manera, a mi esposa Lucía Sancan, quien ha sido un apoyo increíble como mi compañera de toda la vida y quien es la que me ha dado fuerzas para poder terminar todo este proceso de estudios. A mis queridos hijos, Ashly y Abdiel, quienes con su amor y alegría han sido mi inspiración constante. Con ellos estoy seguro de que podré alcanzar todos mis objetivos.

Johnny Arturo Loor Gómez.

Por este proyecto de titulación, doy gracias a Dios. A mi padre, Robert Santander, por estar siempre a mi lado, por ser mi guía y por darme la fuerza cuando más la necesito. También darles las gracias a mi familia y a mi círculo social por sus ánimos.

Mi agradecimiento al Instituto Rumiñahui y a los docentes que me ayudaron a prepararme académica y profesionalmente.

A mis amigos y compañeros de trabajo que me han apoyado a lo largo de mi carrera para que pudiera culminarla con éxito.

Jhon Erick Santander Cedeño.

Contenido

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPITULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1 Planteamiento del Problema.....	12
1.2 Justificación.....	12
1.3 Alcance.....	13
1.4 Objetivos General y Específicos	13
1.4.1 Objetivo general	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes.	14
2.2. Aislamiento eléctrico.	15
2.2.1. Sistemas de Aislamiento en motores eléctricos	15
2.2.2. Materiales de los aislamientos eléctricos	15
2.2.3. Propiedades eléctricas.	16
2.3. ¿Qué son las fallas de aislamientos en motores eléctricos?	16
2.3.1. Fallas más comunes en el aislamiento de motores eléctricos.	17
2.3.2. Consecuencias de los fallos en aislamientos.	17

2.3.4. causas de las fallas en los aislamientos en motores eléctricos	18
2.4. Pruebas de Aislamiento.....	18
2.5. Aplicaciones del Aislamiento Eléctrico	19
2.6. Tipos de aislamientos.....	20
2.7. Importancia de la Medición del Aislamiento	20
2.8. Equipos inductivos	20
2.8.1. Resistencia de los aislamientos.	22
2.8.2. Prueba de medición puntual de resistencia de aislamiento (IR)	22
2.8.3. Índice de polarización (PI).....	23
2.8.4. Prueba de Índice de la polaridad.	25
2.8.5. Relación de absorción dieléctrica (DAR).	25
2.8.6. Prueba de resistencia del revestimiento de cables.....	27
2.8.7. La Norma IEC 60364-6.....	28
2.8.8. Prueba de resistencia de aislamiento del cable.	28
2.8.9. Megado en transformadores.....	29
2.9. Prueba de aislamiento de un motor eléctrico	30
2.9.1. Resistencia de aislamiento del bobinado.....	31
2.9.3. Normas existentes en pruebas de aislamiento de motores inductivos.....	33
2.9.4. Equipos de Medición de Aislamiento	34
2.9.5. Medidores de aislamiento Megger	35
2.9.6. Megger Fluke 1507	35
2.9.7. Características y Funcionalidades	35
2.9. 7. Ventajas y desventajas del Megger Fluke 1507	36
2.9.8 Especificaciones del Megger Fluke 1507	37
2.9.9 Características técnicas del Megger Fluke.....	37

CAPITULO III	38
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	38
3.1. Elementos utilizados para un aislamiento en equipos inductivos utilizando el equipo de medición.	38
3.2. Mediciones adecuadas en voltajes con el megger Fluke 1507.....	39
3.3. Eficacia de mediciones del Megger Fluke 1507	39
3.4. Funcionamiento de un Megger.....	40
3.4.1. Medición con el Megger	40
3.4.2. Prueba de aislamiento con Megger	41
3.4.3. Medidas de resistencia de fase a la estructura Jausin de un motor eléctrico de 200hp. 380v 50hz.	42
3.5. Armado de la estructura metálica.....	43
3.6. Búsqueda de información bibliográfica.	46
4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Metodología de Pruebas.....	47
4.3. Pruebas de aislamientos en cables.....	50
4.4. Mediciones a transformador 0.320 kva	50
4.5. Aislamiento de un motor de corriente continua	51
4.6. Aislamiento en un generador	51
4.7. Aislamiento en bobinas con humedad.....	52
4.8. Prueba de índice de absorción dieléctrica (DAR)	52
4.9. Prueba de índice de polaridad (PI)	53
CAPITULO V	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. Conclusiones	54

5.2. Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍAS	57
ANEXOS.....	59
ANEXO 1.....	59
Anexo 2. Guías prácticas.....	60
PRESUPUESTO	70
ENTREGA DE LA MESA DE TRABAJO	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Aislamientos.....	20
Tabla 2 nivel de voltajes	23
Tabla 3 Valores mínimos en resistencias de aislamientos	23
Tabla 4 : Estado del aislamiento indicado por el índice de polarización	24
Tabla 5 Valores y niveles de resistencias en aislamientos	32
Tabla 6: Valores de la norma IEEE 43-2000	33
Tabla 7 Mediciones de Voltajes.....	39
Tabla 8 Mediciones del megger	40
Tabla 9 Mediciones a cables concéntricos 2*12	50
Tabla 10. Mediciones a transformador 0.320 kva.....	50
Tabla 11. Aislamiento de un motor de corriente continua	51
Tabla 12. Aislamiento en un generador	51
Tabla 13. Aislamiento en bobinas con humedad.	52
Tabla 14. Prueba de índice de absorción dieléctrica (dar)	52
Tabla 15. Prueba de índice de polaridad (pi)	53

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: revisión de fallas de aislamientos	17
Fig. 2 Medición de aislamiento en cables eléctricos.....	19
Fig. 3 Medición de aislamiento en transformadores	19
Fig. 4 Medición de aislamiento en dispositivos electrónicos.....	19
Fig. 5 Relación de las lecturas de resistencia de tiempo en 10 minutos	24
Fig. 6 Prueba de índice de polaridad.....	25
Fig. 7: Lecturas de resistencia de tiempo en 60 segundos	26
Fig. 8. estado del aislamiento dieléctricas.....	26
Fig. 9: Prueba de resistencia del revestimiento de cables	27
Fig. 10:Prueba de resistencia de aislamiento del cable	29
Fig. 11 Medición en prueba de transformadores.....	30
Fig. 12 Prueba de aislamiento en motores eléctricos	31
Fig. 13 medición de resistencia de aislamiento de un motor	32
Fig. 14 Equipo de medición MEGGER	35
Fig. 15 Especificaciones del Megger 1507	37
Fig. 16 Comprobación de la resistencia Megger Fluke 1507.....	37
Fig. 17 funcionamiento del Megger	41
Fig. 18 Medición de resistencia a motor Jausin	42
Fig. 19. Armado de estructura.....	43
Fig. 20 Armado y soldadura de la estructura metálica.....	44
Fig. 21. Corrección de fallas y pintado de estructura.....	44
Fig. 22 finalización del trabajo de la mesa.....	45
Fig. 23, Instalación de la mesa de trabajo	46
Fig. 24 Búsqueda de información	46
Fig. 25 Medición de Aislamientos	47

Fig. 26 Mantenimiento de aislamiento de bobinas y motores.....	48
Fig. 27 Mediciones de aislamiento en las bobinas del estator del generador.	49
Fig. 28. Entrega de la mesa de trabajo en el laboratorio del Ister	71

RESUMEN

El proyecto "Desarrollo y validación de un protocolo de medición de aislamientos en equipos inductivos utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507 para el laboratorio del ISTER" tiene como objetivo principal garantizar la seguridad y confiabilidad en la operación de equipos inductivos mediante la implementación de un protocolo estandarizado de medición. La falta de un procedimiento estandarizado para evaluar los niveles de aislamiento puede comprometer la integridad de los equipos y la seguridad del personal. Se realizó un análisis teórico sobre la importancia del aislamiento en equipos inductivos, los beneficios y los métodos de medición. Para validar el protocolo, se utilizó el Megger Fluke 1507, asegurando su correcta calibración y funcionamiento. Las mediciones incluyeron diversos equipos inductivos en distintos escenarios. En el caso de cables concéntricos, se obtuvieron resultados de 5.50 Megaohmios y 527 Voltios, indicando un nivel de resistencia aceptable. Sin embargo, al medir un cable recalentado, los valores de 0 ohmios y 1 voltio señalaron un riesgo potencial de falla, recomendándose una revisión exhaustiva del sistema. En un transformador, las mediciones del aislamiento en las bobinas primarias y el núcleo dieron 9.07 Megaohmios a 1.11 voltios, mientras que en las bobinas secundarias se registró 1.10 Megaohmios y 1.11 voltios, sugiriendo una posible degradación en las bobinas secundarias. La medición de un motor de corriente continua reveló una resistencia de 0 ohmios entre los bornes, indicando que el motor está quemado. Finalmente, en una bobina con humedad, se midieron 5.50 Megaohmios y 5.21 voltios en estado seco, que disminuyeron a 0.13 Megaohmios y 2.16 voltios con humedad. Al calentar la bobina, los valores de aislamiento se recuperaron gradualmente. El protocolo propuesto, alineado con normas internacionales como IEEE Std 43 y IEEE Std 510, demuestra ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad y eficiencia en los laboratorios educativos, subrayando la necesidad de un programa de monitoreo continuo y capacitación al personal.

Palabras claves: Medición, laboratorio, aislamientos, motor, Megger, cables, megado, resistencia.

ABSTRACT

The project “Development and validation of an insulation measurement protocol for inductive equipment using the Megger Fluke 1507 measuring equipment for the ISTER laboratory” has as its main objective to ensure safety and reliability in the operation of inductive equipment through the implementation of a standardized measurement protocol. The lack of a standardized procedure to evaluate insulation levels can compromise equipment integrity and personnel safety. A theoretical analysis of the importance of isolation in inductive equipment, benefits and measurement methods was performed. To validate the protocol, the Megger Fluke 1507 was used, ensuring its correct calibration and operation. The measurements included various inductive equipment in different scenarios. In the case of concentric cables, results of 5.50 Megohms and 527 Volts were obtained, indicating an acceptable level of resistance. However, when measuring an overheated cable, values of 0 ohms and 1 volt indicated a potential risk of failure, recommending a thorough review of the system. On a transformer, insulation measurements on the primary windings and core gave 9.07 megohms at 1.11 volts, while 1.10 megohms and 1.11 volts were recorded on the secondary windings, suggesting possible degradation in the secondary windings. Measurement of a DC motor revealed a resistance of 0 ohms between the terminals, indicating that the motor is burned out. Finally, in a coil with moisture, 5.50 megohms and 5.21 volts were measured in the dry state, which decreased to 0.13 megohms and 2.16 volts with moisture. When the coil was heated, the insulation values gradually recovered. The proposed protocol, aligned with international standards such as IEEE Std 43 and IEEE Std 510, proves to be an effective tool to improve safety and efficiency in educational laboratories, underlining the need for a continuous monitoring program and staff training.

Keywords: Measurement, laboratory, insulation, motor, Megger, cables, megado, resistance.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

El laboratorio ISTER enfrenta un desafío importante ante la falta de un protocolo validado para medir el aislamiento de dispositivos inductivos. Este defecto afecta la precisión y confiabilidad de las mediciones y puede llevar a interpretaciones y decisiones incorrectas con respecto al mantenimiento y operación del equipo. Además, la falta de procedimientos estandarizados puede dificultar la aplicación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo, aumentar los costos operativos y aumentar el riesgo de fallas no detectadas. La diversidad de dispositivos de inducción y las condiciones operativas cambiantes en el laboratorio requieren enfoques especializados y personalizados para garantizar mediciones consistentes y confiables. Teniendo en cuenta esta cuestión, es necesario desarrollar un protocolo de medición de aislamiento robusto y validado utilizando el instrumento MEGUER Fluke 1507. Este protocolo no solo mejora la eficacia de las mediciones en el laboratorio ISTER, sino que también optimiza el mantenimiento y operación de los equipos de inducción, contribuyendo a la eficiencia y seguridad de las actividades realizadas en el laboratorio.

1.2 Justificación

Este proyecto aborda la necesidad de detectar y prevenir defectos de aislamiento que pueden provocar accidentes eléctricos, perfeccionando así la seguridad de los estudiantes y la durabilidad de los equipos. Además, brinda a los estudiantes del ISTER una formación práctica y actualizada en técnicas avanzadas de medición, cumple con la normativa vigente y promueve la excelencia académica y profesional en el campo de la ingeniería eléctrica. Además de mejorar el aprendizaje y experiencias prácticas en el laboratorio, la creación del sistema permitirá utilizar mejor los problemas técnicos en el lugar de estudio. aparte de eso, se avanza en el nivel de excelencia técnica en las instalaciones mediante la precisión y consistencia de las mediciones realizadas en los laboratorios ISTER

1.3 Alcance

El alcance del proyecto integrar la formación del personal del laboratorio en el uso del actual procedimiento y la evaluación de los resultados obtenidos. Esto garantizará que se sigan los procedimientos correctos en las operaciones diarias del laboratorio y garantizará la coherencia de las mediciones tomadas. Una vez desarrollado el procedimiento, se realizará la etapa de validación experimental en la que se llevarán a cabo pruebas en una variedad de dispositivos sensores representativos.

1.4 Objetivos General y Específicos

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar y validar un procedimiento de medición de aislamiento en equipos de inductivos utilizando el instrumento de medición MEGUER Fluke 1507, para mejorar la precisión y confiabilidad de las mediciones en Laboratorios ISTER.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar y examinar las regulaciones y estándares internacionales relevantes relacionados con mediciones de aislamiento en equipos de inductivos para establecer una base sólida para el perfeccionamiento de procesos.
- Diseñar un procedimiento detallado y estandarizado para la medición del aislamiento en equipos de inducción, teniendo en cuenta aspectos como la calibración de los equipos, las condiciones medioambientales y los posibles fallos en la medición.
- Comprobar experimentalmente el protocolo desarrollado realizando pruebas en una diversidad de dispositivos sensores representativos, evaluando la precisión y confiabilidad de las mediciones obtenidas y comparándolas con los resultados de referencia o norma cuando sea posible.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

El aislamiento eléctrico es un elemento fundamental de seguridad en los equipos eléctricos. el propósito principal es impedir el paso de corriente entre partes activas, o a través de partes activas con distintos potenciales, lo que podría inducir una descarga eléctrica o un incendio. Para dispositivos inductivos como motores eléctricos, transformadores y otros dispositivos con devanados, es importante asegurar la integridad del aislamiento para evitar cortocircuitos internos que pueden causar daños irreparables. Por ello, se deben realizar mediciones periódicas para detectar posibles deterioros y tomar medidas preventivas. Existen diversos protocolos y regulaciones que establecen procedimientos adecuados para medir de forma segura aislados bacterianos y obtener mediciones válidas y reproducibles. Sin embargo, en la práctica industrial, estos protocolos a menudo no se siguen estrictamente, lo que puede dar lugar a mediciones erróneas. El Fluke 1507 es un medidor digital portátil comúnmente utilizado en la industria para verificar la resistencia de aislamiento. Sin embargo, no se ha verificado la precisión y reproducibilidad del dispositivo de guía cuando se utiliza según un protocolo de medición específico. El objetivo de este proyecto fue definir y validar experimentalmente un protocolo de medición de aislamiento para dispositivos inductivos utilizando el Megger Fluke 1507 para obtener mediciones precisas, reproducibles y trazables de acuerdo con los estándares de medición nacionales e internacionales. La prueba de aislamiento es similar a la prueba de presión para sistemas de tuberías. Las fugas en él se pueden detectar forzando agua a través del sistema a alta presión. A medida que aumenta la presión, resulta más fácil detectar fugas. La variante eléctrica de la fuerza es el voltaje. La prueba de aislamiento utiliza un voltaje más alto de CC para hacer que la corriente de fuga sea más obvia. Este equipo está diseñado con el fin de aplicar tensiones de prueba de forma "no devastador y altamente controlada. Suministra un alto voltaje, pero la corriente que suministra es muy limitada. Esto evita daños al sistema debido a un aislamiento deficiente y evita que los operadores reciban niveles peligrosos de corriente eléctrica por contacto accidental con él.(52570255 @ www.studocu.com, s. f.)

El aislamiento eléctrico se deteriora con el tiempo debido a diversas tensiones experimentadas durante su vida útil normal, diseñada para durar décadas. Sin embargo, tensiones anormales pueden acelerar este proceso y reducir drásticamente su vida útil. Por lo tanto, es recomendable realizar pruebas periódicas para detectar un envejecimiento prematuro y, si es posible, revertir sus efectos. Estas pruebas tienen como objetivo detectar el envejecimiento acelerado, identificar sus causas y determinar las acciones más adecuadas para solucionar la situación. Una forma común de realizar estas pruebas es mediante una "prueba puntual", donde se aplica un voltaje al aislamiento y se puede medir su resistencia.

2.2. Aislamiento eléctrico.

El aislamiento eléctrico es la capacidad que posee un material de resistir el paso de la corriente eléctrica. Los materiales aislantes como el plástico, el caucho, la cerámica y los compuestos poliméricos tienen una alta resistividad eléctrica y se utilizan para separar conductores eléctricos y prevenir cortocircuitos y descargas eléctricas.*(de aislamiento a voltajes superiores a 1 kV, s. f.)*

2.2.1. Sistemas de Aislamiento en motores eléctricos

En los motores, hay dos sistemas de aislamiento distintos. Uno aísla las bobinas del marco o carcasa del motor, mientras que el otro aísla los devanados, es decir, los conductores enrollados que forman parte del motor. Se ha observado que alrededor del 80% de las fallas eléctricas en el estator ocurren en el aislamiento de los devanados, mientras que solo el 20% ocurre entre las bobinas y la estructura del motor o en cortocircuito directo a tierra.*(Fallas-por-aislamiento-en-motores-electricos @ es.scribd.com, s. f.)*

2.2.2. Materiales de los aislamientos eléctricos

Un aislante es un material con una conductividad tan baja que prácticamente impide el paso de la corriente eléctrica. Entre sus funciones se encuentran el aislamiento eléctrico de los conductores entre sí y de la tierra, así como la modificación significativa del campo eléctrico a través de él. Cuando se someten a una disconformidad de potencial, estos materiales presentan:

- Corrientes de desplazamiento
- Consumo de energía
- Continuidad de corriente de conducción

Además de aislar eléctricamente, los aislantes protegen físicamente al conductor y le brindan un margen de seguridad. Estos materiales están hechos de polímeros, que pueden ser sintéticos o naturales, y su elección depende del nivel de tensión que el cable deba soportar. (Vázquez & Delgado, 2014)

2.2.3. Propiedades eléctricas.

Los materiales aislantes deben tener propiedades que eviten su deterioro en el entorno de instalación, incluyendo alta resistencia a la conductividad eléctrica, cabida de soportar tensiones elevadas y resistencia a la absorción de corriente.

- **Resistividad Eléctrica**

La resistividad eléctrica mide la resistencia de un material al paso de la corriente eléctrica. Los materiales con alta resistividad son efectivos como aislantes porque dificultan significativamente el flujo de corriente. Esta propiedad se mide en ohmios-metros ($\Omega \cdot m$).

- **Rigidez Dieléctrica**

La rigidez dieléctrica es la capacidad de un material aislante para soportar una tensión eléctrica sin sufrir una ruptura o fallo eléctrico. Se mide en kilovoltios por milímetro (kV/mm) y es crucial para determinar la eficacia del aislamiento en condiciones de alta tensión.

- **Factor de pérdida dieléctrica.**

El factor de pérdida dieléctrica mide la eficiencia de un material aislante en términos de la energía que pierde como calor cuando está expuesto a un campo eléctrico alterno.

- **Resistencia al arco**

La resistencia al arco es la capacidad de un material aislante para soportar la formación de arcos eléctricos en su superficie sin deteriorarse.

2.3. ¿Qué son las fallas de aislamientos en motores eléctricos?

El fallo del aislamiento eléctrico ocurre cuando el aislamiento de un motor se deteriora con el tiempo o debido a factores como el envejecimiento o el exceso de calor. Estos factores provocan cambios en las propiedades químicas del aislamiento, lo que aumenta su capacidad para conducir electricidad y disminuye su efectividad para impedir que la corriente fluya por caminos no deseados, ya sea entre los conductores o hacia la carcasa del motor. En algunas situaciones, especialmente en el aislamiento de la base, los fallos pueden surgir repentinamente debido a la presencia de humedad, contaminación u otros factores específicos, que afectan las áreas débiles del aislamiento y resultan en una falla temprana.

Por otro lado, los problemas en el aislamiento de los devanados de los motores eléctricos suelen desarrollarse lentamente y empeorar con el tiempo.

2.3.1. Fallas más comunes en el aislamiento de motores eléctricos.

Las instalaciones eléctricas son susceptibles a diversos factores que pueden afectar su funcionamiento adecuado. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes:

- ✓ Calentamiento excesivo
- ✓ Mala calidad de energía
- ✓ Contaminación de bobinado
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Consumo de corriente excesivo

Los daños en el aislamiento suelen ocurrir de manera gradual y discreta, pero pueden manifestarse de manera peligrosa y costosa una vez que el deterioro es lo suficientemente grave como para causar accidentes en la instalación eléctrica.

2.3.2. Consecuencias de los fallos en aislamientos.

Los fallos de aislamiento pueden activar las protecciones, lo que lleva a paradas no deseadas y a la necesidad de invertir mucho tiempo en encontrar la causa. Además, las corrientes de fuga que producen alrededor de 60W de potencia tienen un alto riesgo de provocar incendios. Estas fallas en el aislamiento pueden causar daños graves tanto en la instalación eléctrica como en el resto del edificio, lo que resulta en reparaciones y costos imprevistos. Además, corrientes de fuga de 0.5 A o más podrían ser mortales si entran en contacto con el cuerpo humano, lo que compromete al personal de operación y mantenimiento. En resumen, un aislamiento deficiente representa un peligro considerable para la seguridad y la integridad de las instalaciones y del personal. Como se muestra en la figura 1.(6696348f57ab80ced625e22b507b97312be09a80 @ www.galelectric.com.co, s. f.)



Fig. 1: revisión de fallas de aislamientos

2.3.4. causas de las fallas en los aislamientos en motores eléctricos

El aislamiento eléctrico en los motores está constantemente bajo el riesgo de deterioro debido a factores como la temperatura, contaminantes y sobretensiones eléctricas. Con el tiempo, estos factores interactúan, aumentando la probabilidad de falla del aislamiento. Por ejemplo, el desgaste diario puede causar la formación de grietas en el aislamiento, debilitándolo y proporcionando vías para la entrada de humedad y contaminantes, lo que acelera su degradación.

- ✓ **Contaminantes:** El contacto con sustancias como refrigerantes, aceites y otros químicos debilita el aislamiento del devanado con el tiempo, ya que estos contaminantes suelen ser corrosivos y disminuyen la resistencia del aislamiento al infiltrarse en grietas y poros.
- ✓ **Mala calidad de la energía:** Problemas como desequilibrios en los niveles de voltaje y corriente pueden causar sobrecalentamiento en los devanados, lo que debilita el aislamiento y aumenta el riesgo de fallas en el motor.
- ✓ **Sobrecarga:** El alto consumo de corriente debido a cargas excesivas puede sobrecalentar los devanados, causando una disminución en la resistencia del aislamiento y eventualmente provocando fallas.
- ✓ **Alta temperatura ambiente:** En entornos con alta temperatura y ventilación limitada, el calor generado por el equipo puede tensionar el aislamiento del devanado, aumentando el riesgo de fallas en el motor.
- ✓ **Voltajes transitorios:** Durante el arranque del motor, pueden ocurrir voltajes transitorios que generan tensiones extremas en el aislamiento del devanado, lo que aumenta el riesgo de fallas debido a la tensión excesiva. (*Fallas por aislamiento en motores eléctricos @ es.scribd.com, s. f.*)

2.4. Pruebas de Aislamiento

Para garantizar la efectividad y la seguridad del aislamiento, se realizan diversas pruebas:

- **Medición de Resistencia de Aislamiento:** Evalúa la capacidad del material para resistir el paso de la corriente, aplicando una tensión y midiendo la corriente resultante.

- **Pruebas de Rigidez Dieléctrica:** Determinan la máxima tensión que un material puede soportar sin romperse.
- **Análisis de Descargas Parciales:** Detecta pequeñas fallas en el aislamiento que podrían convertirse en problemas mayores si no se corrigen a tiempo.

2.5. Aplicaciones del Aislamiento Eléctrico

El aislamiento eléctrico se aplica en muchas áreas, como:

- **Cables Eléctricos:** Protege los conductores y evita el contacto entre ellos ver figura

2.

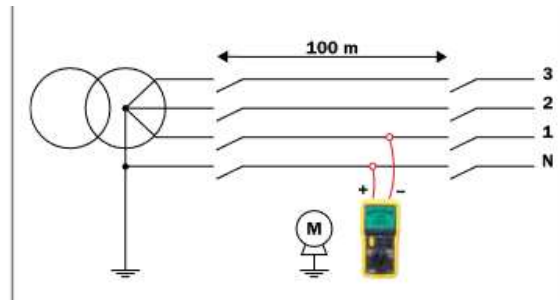


Fig. 2 Medición de aislamiento en cables eléctricos

- **Transformadores y Motores:** Aísla las bobinas y el núcleo para prevenir cortocircuitos y mantener la eficiencia (figura 3).

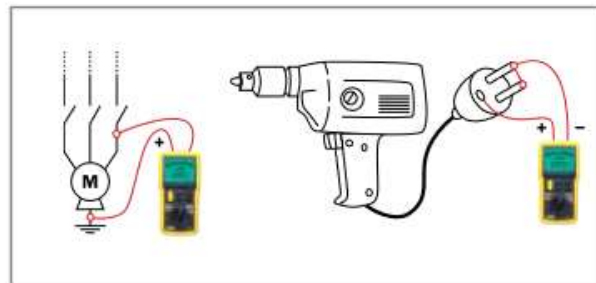


Fig. 3 Medición de aislamiento en transformadores

- **Componentes Electrónicos:** Protege los circuitos y dispositivos contra descargas eléctricas y daños (Figura 4)(174074e6373257dc716a3c4850d50276246cc5c9 @ concepto.de, s. f.)

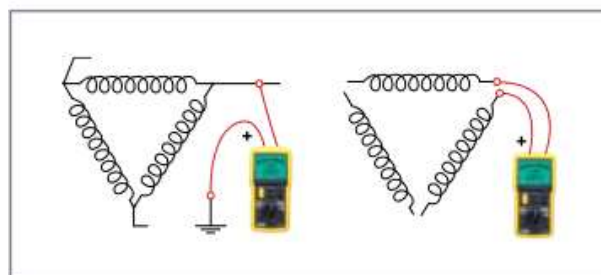


Fig. 4 Medición de aislamiento en dispositivos electrónicos

2.6. Tipos de aislamientos.

Existen diferentes tipos de aislamientos los cuales se van a detallar en la tabla 1

Tabla 1 Tipos de Aislamientos

Tipos de Aislamientos	Descripción
PE (Polietileno de baja densidad)	Bajos niveles de pérdidas dieléctricas; Propenso a la humedad bajo tensión.
XLPE (Polietileno reticulado)	Pérdidas dieléctricas ligeramente superiores a las de PE; Menos susceptible a la humedad; Envejece mejor que el PE.
EP (EPR/EPDM)	Pérdidas dieléctricas superiores en comparación con XLPE o TR-XLPE; Más flexible y menos susceptible a la humedad que XLPE o PE; Requiere una carga inorgánica.
TR-XLPE	Similar al XLPE, pero presenta ligeramente más pérdidas; Gracias a los aditivos, las pérdidas son menores en comparación con el EPR; Envejece mejor que el XLPE y es menos susceptible a la humedad.
PILC	Alta fiabilidad; Posee recubrimiento de plomo
PVC	Debe contener un plastificante para flexibilidad; Pérdidas dieléctricas más elevadas; No es inflamable, pero produce gases tóxicos.

2.7. Importancia de la Medición del Aislamiento

La medición del aislamiento es fundamental para garantizar la confiabilidad y la seguridad de los sistemas eléctricos. Medir la resistencia del aislamiento permite identificar problema antes de que se vuelva catastrófico, garantizando la continuidad operativa y la seguridad del personal. Además, el mantenimiento regular y las pruebas adecuadas aumentar la vida útil de los equipos eléctricos, reduciendo costos de reparación y mantenimiento.

2.8. Equipos inductivos

Los equipos inductivos son dispositivos eléctricos que operan en base al principio de la inductancia, que es la propiedad de un circuito eléctrico para generar una fuerza electromotriz (FEM) cuando la corriente que lo atraviesa cambia. Estos equipos pueden

encontrarse en una variedad de aplicaciones industriales, comerciales y residenciales. Aquí te proporciono información sobre los tipos más comunes de equipos inductivos:

- ✓ **Transformadores:** Los transformadores son parte importante de la distribución de energía eléctrica. Funcionan mediante la persuasión electromagnética para transportar la energía de un circuito a otro a través de un conjunto de bobinas de alambre. Dependiendo de su diseño y configuración, los transformadores pueden crecer o reducir el voltaje de corriente alterna. Son empleados en diversas aplicaciones, desde la distribución de energía hasta la alimentación de aparatos electrónicos.
- ✓ **Motores eléctricos:** Los motores eléctricos son dispositivos que producen energía mecánica de la energía eléctrica. Funcionan basándose en la fuerza electromotriz inducido a un motor que traslada corriente en un campo magnético. Existen diferentes tipologías de motores eléctricos, como las corrientes continuas (DC) y las corrientes alternas (AC). de inducción, y los motores síncronos. Se utilizan en una extensa gama de aplicaciones, desde conectores electrónicos hasta maquinaria industrial.
- ✓ **Reactores:** Los reactores son componentes inductivos diseñados para gestionar la corriente en un circuito eléctrico. Se usan principalmente para limitar la corriente de arranque en motores eléctricos, ajustar la capacitancia en sistemas de distribución de energía. Los reactores pueden ser de tipo inductivo o inductivo-capacitivo, según el uso específico.
- ✓ **Bobinas y solenoides:** Las bobinas y los solenoides son elementos inductivos básicos que se emplean en diversas aplicaciones, tales como relés electromecánicos, válvulas solenoides, sistemas de control de acceso, sistemas de audio, entre otros. Funcionan generando un campo magnético cuando una corriente eléctrica atraviesa por ellas, lo que permite realizar diferentes funciones, desde mover componentes mecánicos hasta cambiar circuitos.
- ✓ **Otros equipos inductivos:** Además de los mencionados anteriormente, existen otros equipos inductivos especializados para aplicaciones específicas, como los sistemas

de calentamiento por inducción, los sistemas de carga inalámbrica basados en inducción electromagnética, los dispositivos de seguridad como los detectores de metales basados en bobinas inductoras, entre otros.

2.8.1. Resistencia de los aislamientos.

La resistencia de la corriente continua a través de un material aislante también se llama resistencia de aislamiento y la corriente puede fluir de dos maneras al realizar mediciones de resistencia de aislamiento.

- La resistencia de un aislador de volumen o la resistencia que fluye a través del cuerpo de un aislador
- Resistencia superficial o superficial de materiales aislantes.

Resistencia de un aislador de volumen: Es la resistencia a la corriente continua donde el cable proporciona un voltaje continuo a través del aislamiento, creando una corriente de fuga radial a través del aislamiento. Esta medida se expresa como mega ohmios para un diámetro de cable de 1000 pies y un conductor determinado y un espesor de aislamiento, de cuanto más largo sea el cable, menor será la resistencia (por metro) porque hay más caminos paralelos para que la corriente fluya a tierra.

$$IR = \log_{10} \frac{KD}{d}$$

Donde,

IR= Mega ohmios para 1000 pies de cable.

K= Constante de resistencia de aislamiento.

D= Diámetro sobre el aislamiento (bajo blindaje del conductor).

d= Diámetro debajo el aislamiento (cobre el blindaje del conductor)

2.82. Prueba de medición puntual de resistencia de aislamiento (IR)

Conforme a la norma IEEE 43-2013, consiste en aplicar un voltaje de corriente continua entre la carcasa del motor y una de sus fases, o entre diferentes fases distintas. Esta prueba, que debe durar al menos un minuto, garantiza la correcta polarización del material aislante. Es crucial conocer la comercialización apropiada de las bobinas para motores trifásicos con 6, 9, y 12 terminales, así como para bobinas principales y auxiliares en motores monofásicos.

Durante la prueba, es necesario retirar cualquier placa de puente en los terminales de conexión, el cableado de alimentación, y el capacitor de arranque. Además, no se debe realizar la prueba si el motor está conectado a un variador de frecuencia (VDF) para evitar posibles daños en la sección de potencia del VDF. Se sugiere conectar a tierra las puntas de las bobinas que no participan en la medición, tal como se indica en la tabla 2.3. (*Medición de resistencia de aislamiento en motores eléctricos, aplicación a las bombas centrífugas - vyphidroasesores.com, s. f.*)

Tabla 2 nivel de voltajes

Rango de voltajes de aislamientos del motor(V)	Voltajes DC para pruebas de aislamientos IR, DAR
<1000	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5000-12000	2500-5000
>12000	5000-10000

Tabla 3 Valores mínimos en resistencias de aislamientos

Mínimo valor de resistencia	Tipo de motor
$IR1 \text{ min} = kv + 1$	Todos los bobinados de campo y otros no descritos para la mayoría de los bobinados antes de 1970.
$IR1 \text{ min} = 100$	La mayoría de los bobinados AC fabricados después de 1970 (bobinados no aplica a alambres redondos)
$IR \text{ min} = 5$	Para la mayoría de los motores AC y CC con estatores bobinados con alambres redondos y en pletina con lesiones nominales menor a 1000v

2.8.3. Índice de polarización (PI)

El Índice de Polarización (PI) es una prueba que mide el estado del aislamiento eléctrico en motores y generadores. Consiste en comparar la resistencia de medida después de 10 minutos con la resistencia medida al minuto de iniciar la prueba. El valor obtenido ayuda a determinar

la calidad del aislamiento; un PI alto indica un buen estado, mientras que un PI bajo sugiere posibles problemas de humedad o contaminación en el aislamiento. Esta prueba es esencial para evaluar la integridad del sistema aislante y prevenir fallos eléctricos como se explica en la figura 5 y tabla 5

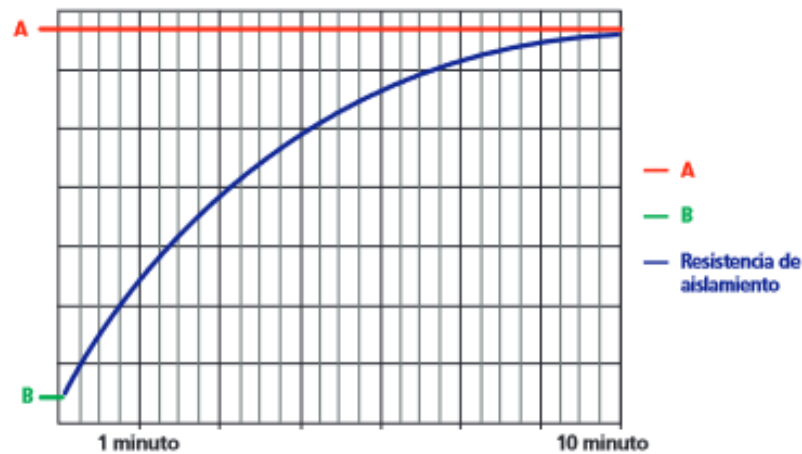


Fig. 5 Relación de las lecturas de resistencia de tiempo en 10 minutos

Tabla 4 : Estado del aislamiento indicado por el índice de polarización

ÍNDICE DE POLARIDAD	ESTADO DE AISLAMIENTO
< 1	Peligroso
1,0 -2,0 ***	Cuestionable
2,0 – 4,0	Bueno
>4**	Excelente

El Índice de Polarización (PI) se determina aplicando una tensión y midiendo la resistencia del aislamiento (RI) después de 1 minuto y nuevamente después de 10 minutos. Este índice se calcula dividiendo la resistencia medida a los 10 minutos (R10) por la resistencia medida al minuto (R1): $PI = R10 \div R1$. La figura 5 proporciona información sobre el estado del aislamiento según los valores obtenidos del PI.(Group, 2010)

La medida del Índice de Polarización (PI) es esencial para evaluar la condición del aislamiento eléctrico. Esta medición es relativa y no absoluta, proporcionando una evaluación autónoma del estado del aislamiento. Se puede utilizar de forma independiente o en conjunto con el historial de mediciones de PI para identificar tendencias en la calidad del aislamiento.

El PI indica la calidad del aislamiento en 10 minutos, lo cual es especialmente útil en equipos grandes que pueden tardar hasta una hora en cargarse para realizar una medición de aislamiento tradicional. Esta medida proporciona información valiosa sobre la entrada de humedad, la contaminación y el deterioro del aislamiento en un tiempo específico de resistencia.

Según la norma IEEE 43-2000, si el valor de resistencia a 40 °C (R1) supera los 5000 MΩ, el PI puede resultar ambiguo y ser descartado. Por tanto, el PI es una herramienta clave para un mantenimiento eficiente y la detección temprana de problemas en sistemas de aislamiento eléctrico.

2.8.4. Prueba de Índice de la polaridad.

Es una técnica utilizada en la industria eléctrica para determinar la validez del aislamiento en equipos y sistemas eléctricos (figura 7) (Vázquez & Delgado, 2014)

$$IP = \frac{R_{en\ 10\ min}}{R_{inicial}}$$

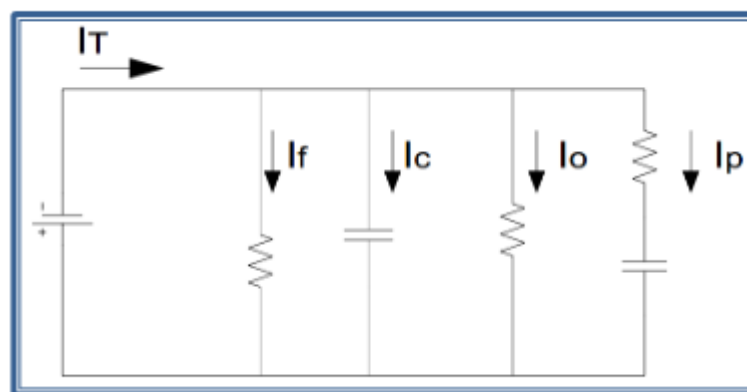


Fig. 6 Prueba de índice de polaridad

2.8.5. Relación de absorción dieléctrica (DAR).

La Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) es una medida utilizada para valorar la calidad del aislamiento en equipos eléctricos. Esta medición se realiza observando la relación entre la resistencia de aislamiento medida en dos intervalos de tiempo distintos, típicamente a 30 segundos y a 1 minuto.

La DAR proporciona una indicación rápida sobre la condición del aislamiento, especialmente en términos de humedad y contaminación. Una relación más alta sugiere un

aislamiento en buen estado, mientras que una relación baja puede indicar problemas como humedad o deterioro del material aislante.

La DAR es una herramienta valiosa en el mantenimiento preventivo, ya que permite detectar de manera temprana posibles fallos y tomar medidas correctivas en el aislamiento antes de que ocurran fallos significativos como se muestra en la figura 7.

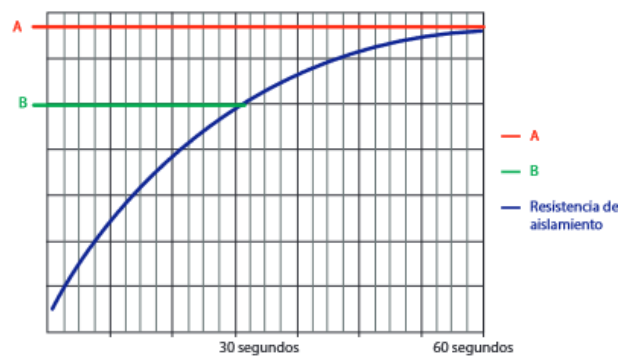


Fig. 7: Lecturas de resistencia de tiempo en 60 segundos

La Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) se calcula dividiendo la resistencia de aislamiento medida a los 60 segundos (R60) por la resistencia medida a los 30 segundos (R30). Esta relación proporciona una indicación del estado del aislamiento eléctrico. Un valor alto de DAR generalmente sugiere un aislamiento en buen estado, indicando que el material es capaz de absorber y disipar energía sin degradarse significativamente. Por el contrario, un valor bajo de DAR puede señalar problemas como la presencia de humedad, contaminación o deterioro del material aislante, sugiriendo la necesidad de una revisión o mantenimiento.

Condición del aislamiento	Relación 60/30 segundos	Relación 10/ minutos (índice de polarización)
Peligroso	–	Menos de 1
Dudoso	1.0 a 1.25	1.0 a 2***
Bueno	1.4 a 1.6	2 a 4
excelente	Arriba de 1.6**	Arriba de 4 **

Fig. 8. estado del aislamiento dieléctricas

La Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) es una medida rápida y eficaz para evaluar el estado del aislamiento eléctrico. Un valor de DAR de 1.4 o superior es considerado aceptable para sistemas aislantes fabricados antes de 1970. Si se obtiene un valor diferente, es

necesario realizar un análisis de tendencias para evaluar la condición del aislamiento a lo largo del tiempo, siguiendo las directrices de la norma IEEE 43-2000.

Esta medida es especialmente útil para equipos con aislamiento "delgado" y para materiales con baja corriente de absorción, como el polietileno. Utilizar DAR ayuda a identificar rápidamente problemas de humedad, contaminación o deterioro, permitiendo un mantenimiento preventivo efectivo.

2.8.6. Prueba de resistencia del revestimiento de cables

Conocida como prueba de Megger, es esencial en el lugar de instalación para identificar defectos en los cables. Utiliza un mega óhmetro para medir la resistencia del compuesto del revestimiento, ya sea reticulado o termoplástico, bajo una tensión de corriente continua (DC). Este ensayo verifica la integridad del revestimiento del cable, el cual protege al cable terminado de factores ambientales. Por esta razón, el término "prueba de resistencia del revestimiento" no es del todo adecuado como se muestra en la figura 9.

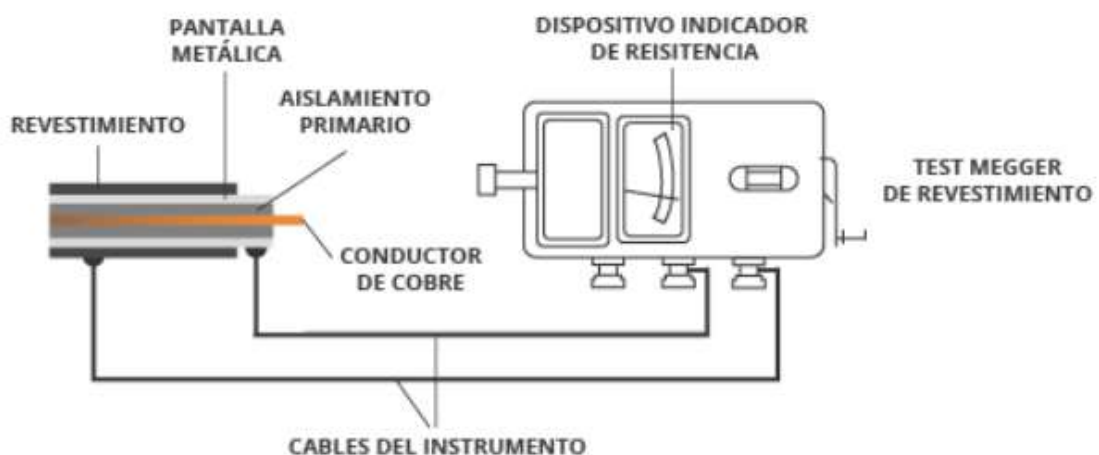


Fig. 9: Prueba de resistencia del revestimiento de cables

La tensión aplicada en la prueba de resistencia del revestimiento varía según el tipo de cable. Para cables de baja tensión (menos de 600V), se usan 250Vdc, 500Vdc o 1000Vdc. En cables de media y alta tensión, se emplean tensiones de más de 2500V (2.5kV) y 5000V (5kV). La corriente se aplica durante un minuto antes de medir y registrar los resultados.

Network Rail utiliza esta prueba para verificar la integridad del revestimiento de cables de alimentación de vías recubiertos de grafito NR/PS/ELP/00008. El recubrimiento de grafito proporciona una capa semiconductora que debe retirarse para el ensayo. Dependiendo del grosor del revestimiento, se aplica una tensión de 8kV por milímetro de espesor, hasta un máximo de 25kV. Este ensayo se realiza cuando el cable está en el tambor para asegurar que no ha sido dañado durante el transporte.

Durante la prueba, el cable se conecta a un generador mediante bobinas deflectoras que unen el material de revestimiento y la malla metálica de cobre. Esta prueba no destructiva puede detectar penetración de agua, humedad, fugas de corriente, cortocircuitos y deterioro de la resistencia, lo que indica fallos en la integridad del revestimiento. (*Sheath-Resistance-Testing @ Wwww.Elandcables.Com*, n.d.)

2.8.7. La Norma IEC 60364-6

Según la norma IEC 60364-6, las mediciones de resistencia del revestimiento deben cumplir con los siguientes valores:

- ✓ Tensión extra baja (prueba de 250Vdc): $\geq 0.5 \text{ M}\Omega$
- ✓ Hasta 500V (prueba de 500Vdc): $\geq 1.0 \text{ M}\Omega$
- ✓ Más de 500V (prueba de 1000Vdc): $\geq 1.0 \text{ M}\Omega$

La resistencia mínima del revestimiento se determina a una temperatura ambiente de 20°C. Si esta temperatura varía, los resultados se ajustan mediante factores de corrección.

Una vez instalado el cable, se realiza una prueba con un potencial de 10kV antes del empalme para garantizar la integridad del revestimiento. Esta prueba también se aplica a cables DNO, que no tienen capa semiconductora de grafito, por lo que no requieren su eliminación previa.

El Cable Lab realiza pruebas de Megger como parte de su diagnóstico in situ, y cuando es necesario, una muestra del cable se lleva al laboratorio para más ensayos, como la prueba de resistencia de aislamiento.

2.8.8. Prueba de resistencia de aislamiento del cable.

Es importante porque evalúa la eficacia del aislamiento del cable, ya que un aislamiento deficiente puede resultar en cortocircuitos, descargas eléctricas o incendios. Realizada conforme a la norma BS EN 50395, esta prueba verifica el aislamiento a la temperatura máxima de operación del cable. Los materiales del aislamiento y revestimiento determinan esta temperatura. Si se excede la temperatura máxima, el material no podrá garantizar un funcionamiento continuo y eventualmente fallará, causando un deterioro prematuro del cable. La prueba de resistencia de aislamiento es esencial en nuestro control de calidad y para asegurar que los cables de nuestra cartera cumplan con las normativas. En nuestras instalaciones avanzadas, también realizamos pruebas independientes para terceros,

garantizando que los cables no conformes no ingresen al mercado. Esta prueba requiere un baño de agua, una temperatura controlada y la capacidad de mantener dicha temperatura dentro de los parámetros normativos, además del equipo adecuado para medir la resistencia del aislamiento.

Esta prueba se realiza con muestras de cable de aproximadamente 5 metros de longitud, a las que se les retira el aislamiento de los extremos antes de conectarlos. Estos extremos conectados quedan fuera del agua, mientras que el resto del cable se sumerge y se mantiene a una temperatura específica durante el tiempo indicado por la norma aplicable.

Después de dos horas, se mide la resistencia del aislamiento entre los extremos del conductor y el agua aplicando una tensión de magnitud y duración especificadas en la norma del cable. Los resultados, expresados en $M\Omega/km$, determinan si el cable ha superado la prueba como lo muestra la imagen 10. (*De Aislamiento a Voltajes Superiores a 1 KV, n.d.*)

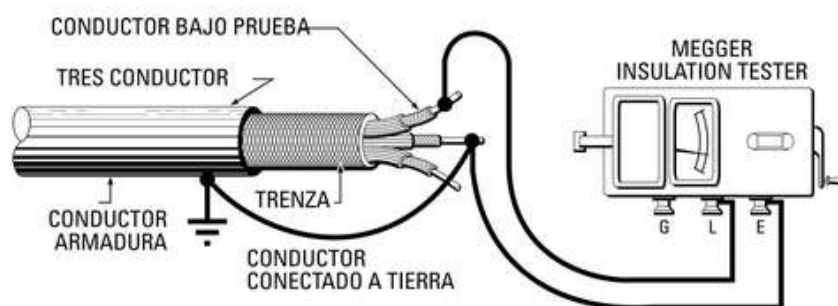


Fig. 10: Prueba de resistencia de aislamiento del cable

2.8.9. Megado en transformadores

La medición de la resistencia de aislamiento tiene como objetivo verificar el estado del aislamiento después del montaje de los componentes del transformador. Esto asegura que no se hayan producido errores o daños durante la fabricación o montaje que puedan comprometer el aislamiento. Aunque no es una fase contemplada por las normas de fabricación de transformadores, algunos fabricantes realizan esta prueba para obtener información sobre las conexiones, aisladores y puesta a tierra del transformador.

El principal interés de medir el estado del aislamiento es verificar si su calidad se ha deteriorado con el tiempo debido a las exigencias de uso. Factores eléctricos, mecánicos, químicos y térmicos pueden reducir la resistividad eléctrica de los aislantes, incrementando las corrientes de fuga y acelerando el deterioro, lo que puede causar incidentes que afectan la seguridad y la producción industrial.

La corriente total que transita por un aislamiento sometido a una tensión de prueba incluye:

- **Corriente capacitiva:** Transitoria y alta al inicio, disminuye exponencialmente a casi cero en segundos cuando el circuito se encuentra cargado.
- **Corriente de absorción:** Cantidad de energía requerida para reorientar las moléculas del aislante sometidas el campo eléctrico aplicado disminuye gradualmente y puede tardar minutos en llegar a casi cero.
- **Corriente de fuga o de conducción:** Muestra la eficacia del aislamiento y se conserva sólido en el tiempo como se explica en la figura 11.

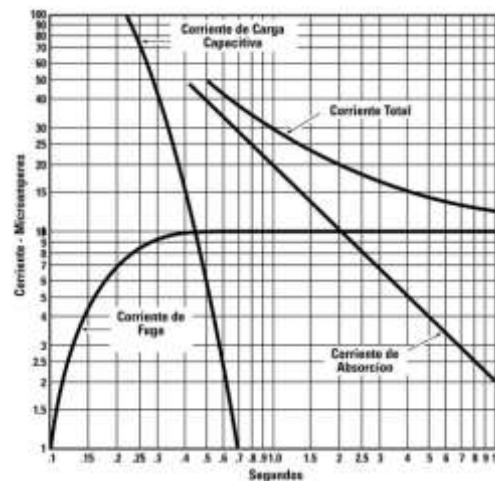


Fig. 11 Medición en prueba de transformadores

A diferencia de la prueba de rigidez dieléctrica, la tensión aplicada en la medición de resistencia de aislamiento es menor que el nivel de aislamiento del elemento. Para los transformadores de distribución, esta tensión de prueba suele ser de 5kV, suficiente para generar una corriente de conducción que pueda medirse con precisión usando el aparato conocido como "Megger".(036e963e875f10e63f396a5db8569cbc0488db9e @ Subestaciones.Digamel.Com, n.d.)

2.9. Prueba de aislamiento de un motor eléctrico

La prueba de aislamiento en motores eléctricos es actualmente uno de los ensayos no destructivos más comunes en la industria con máquinas rotativas. Este tipo de prueba sirve para evaluar el estado del aislamiento en distintos componentes eléctricos, no sólo motores, como por ejemplo generadores, líneas de alimentación, paneles eléctricos, etc.

El objetivo principal es medir la resistencia de aislamiento de los devanados del motor, utilizando para ello un instrumento llamado Megger. Esta prueba es importante realizarla

periódicamente para detectar cualquier deterioro que pueda comprometer la integridad del aislamiento. De esta forma se evitan posibles fallas en el equipo.

Además de en motores eléctricos, la prueba de aislamiento con Megger sirve para evaluar la situación del aislamiento en diferentes componentes eléctricos donde sea necesario garantizar su protección y prevención de averías (Figura 12)



Fig. 12 Prueba de aislamiento en motores eléctricos

La prueba de aislamiento en motores eléctricos trifásicos permite evaluar no solo el aislamiento entre cada bobina y el núcleo, sino también entre las diferentes bobinas.

Un buen aislamiento contra tierra (núcleo) no necesariamente indica un buen aislamiento entre fases, lo cual dependerá del estado de las cabezas de bobina.

El procedimiento es sencillo. Se aplica tensión continua al conjunto de bobinas sin retirar puentes de conexión. Luego de un minuto de espera, se mide la corriente de fuga (que atraviesa los aislamientos) y mediante la Ley de Ohm se determina la resistencia.

Esto permite conocer el estado del aislamiento tanto de cada bobina respecto al núcleo, como entre las diferentes fases o bobinas del motor de manera simple. *(Funcionamiento-de-Un-Megger @ Osakaelectronicsltda.Com, n.d.)*

2.9.1. Resistencia de aislamiento del bobinado.

Si el motor eléctrico no va a ser puesto en funcionamiento de inmediato después de su recepción, es importante tomar medidas de protección contra factores externos.

La humedad, temperaturas elevadas e impurezas pueden dañar el aislamiento si el motor permanece sin uso por largos períodos de almacenamiento.

Antes de energizar un motor luego de un tiempo en reposo, es aconsejable realizar una prueba de aislamiento para medir la resistencia entre los devanados y el núcleo. Esto

permitirá detectar cualquier deterioro que haya podido ocurrir en el aislamiento durante el período de almacenaje, y evaluar si es seguro su puesta en marcha.

De esta forma, se protege el aislamiento eléctrico interno del motor, evitando que factores ambientales lo dañen durante periodos sin uso y asegurando que no presente defectos antes de su energización así como se muestra en la figura 13



Fig. 13 medición de resistencia de aislamiento de un motor

2.9.2. Medición de aislamiento de la resistencia de un motor

En ambientes con alta humedad, es esencial realizar inspecciones periódicas del motor. Crear reglas precisas para el valor mínimo de la resistencia de aislamiento es complicado, ya que esta puede variar dependiendo de factores como el método de construcción del motor, el estado del material utilizado para aislar, el voltaje nominal, el tamaño y el tipo de motor. Por lo tanto, se necesita experiencia considerable para evaluar si un motor está operando adecuadamente, como se puede observar en la tabla 4.

Tabla 5 Valores y niveles de resistencias en aislamientos

Valor de resistencia de aislamiento	Nivel de aislamiento
2 Megohm o menos	Malo
2-5 Megohm	Crítico
5-10 Megohm	Anormal
10-50 Megohm	Bueno
50-100 Megohm	Muy bien
100 Megohm o más	Excelente

La resistencia de aislamiento: Para los devanados de un motor eléctrico debe ser al menos 10 Megohm. cuando son nuevos, limpiados o reparados.

Medida: Para medir la resistencia de aislamiento a tierra, se utiliza un voltaje de 500 V DC, asegurando que la temperatura del devanado esté entre $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. En condiciones de operación, la resistencia máxima de aislamiento se mide también con 500 V DC, con los devanados a una temperatura entre $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, dependiendo del tipo de motor y su eficiencia.

Comprobando: Es crucial verificar periódicamente la resistencia de aislamiento de motores almacenados para detectar posibles problemas debido a la humedad. Si la resistencia medida cae por debajo de los 10 Megohm, es posible que los devanados estén húmedos y necesiten secarse antes de su uso. Además, durante el funcionamiento prolongado, la resistencia de aislamiento puede disminuir significativamente. Si cae por debajo del valor calculado de resistencia mínima, el motor debe detenerse inmediatamente para evitar riesgos de alta tensión que podrían causar lesiones a las personas (*Funcionamiento-de-Un-Megger @ Osakaelectronicsltda.Com*, n.d.)

2.9.3. Normas existentes en pruebas de aislamiento de motores inductivos.

Las pruebas de aislamiento de motores inductivos son fundamentales para garantizar la seguridad y la eficiencia de los motores eléctricos. Existen varias normas que regulan estos procedimientos, cada una con sus especificaciones y metodologías.

- **Norma IEEE 43-2000:** Las normas IEEE 43-2000 incluyen el Índice de Polarización (IP) y la Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) para la realización y interpretación de pruebas de aislamiento. Esta norma, junto con la norma IEEE 95-2002, se centra en la investigación de máquinas nuevas y usadas con alta tensión. Como se visualiza en la tabla

Tabla 6: Valores de la norma IEEE 43-2000

Resistencia de aislación mínima	Máquina bajo ensayo
$R1\text{ min} = KV + 1$	Bobinados de campo, bobinados fabricados antes de 1970 y otros
$R1\text{ min} = 100$	Bobinados posteriores a la década de 1970
$R1\text{ min} = 5$	Bobinados con un voltaje nominal inferior a 1KV

IEEE 43-2000 establece los valores mínimos de referencia para la resistencia de aislamiento y los índices de polarización necesarios para valorar el estado de los dispositivos eléctricos. Estos valores de referencia son esenciales para asegurar la fiabilidad y seguridad de las máquinas eléctricas en operación.

- **Norma IEEE 95-2002:** La norma IEEE 95-2002 detalla los métodos para realizar ensayos de alta tensión y propone las tensiones de prueba adecuadas. Este tipo de ensayo es crucial para identificar problemas significativos que podrían causar fallos en el servicio de los equipos eléctricos. La versión anterior de esta norma fue publicada en 1977, y una de las principales diferencias entre los ensayos de la tensión aplicada y la disposición de las tensiones dentro del aislamiento determinan las características de las corrientes alternas (AC) y continuas (DC).
- **Norma DIN VDE 0100:** Esta normativa en particular en su numeral 610, determina que las verificaciones de instalación eléctrica no solo comprenden diversas acciones para comprobar la eficacia de los procedimientos de protección y la continuidad de la equipotencialidad, también son aplicables para medir la resistencia del aislamiento eléctrico. Esta regulación garantiza que las instalaciones eléctricas sean seguras y confiables.
- **Norma ASTM D1711 - 11^a:** La norma ASTM D1711 - 11^a regula la terminología utilizada en las pruebas y resultados de mediciones de aislamiento eléctrico. Esta normativa proporciona un marco claro y consistente para describir los términos y conceptos relacionados con las pruebas de aislamiento, garantizando una comprensión uniforme y precisa en la industria eléctrica. (Montiel, 2012)

2.9.4. Equipos de Medición de Aislamiento

Los equipos de medición de aislamiento son herramientas fundamentales en el mantenimiento y diagnóstico de sistemas eléctricos, permitiendo evaluar la integridad de los materiales aislantes y detectar posibles fallos antes de que causen daños mayores. Uno de los instrumentos más utilizados para esta tarea es el Megger Fluke 1507, que destaca por su precisión, facilidad de uso y versatilidad en diversas aplicaciones industriales.

2.9.5. Medidores de aislamiento Megger

El probador de aislamiento MEGGER es un dispositivo pequeño y portátil que le permite medir directamente la resistencia de aislamiento en ohmios o megohmios. Con un buen aislamiento, la resistencia suele estar en el rango de $M\Omega$. Él es fundamentalmente un medidor de resistencia (óhmetro) de largo alcance con un generador de CC incorporado. Este medidor presenta un diseño especial con bobinas de corriente y bobinas de voltaje, lo que permite leer directamente los valores reales de ohmios independientemente del voltaje aplicado.

2.9.6. Megger Fluke 1507

El Megger Fluke 1507 es un medidor de resistencia de aislamiento diseñado para realizar pruebas precisas en una amplia variedad de equipos eléctricos. Funciona aplicando una tensión de prueba alta a través del aislamiento y midiendo la corriente resultante. Este dispositivo ofrece múltiples rangos de tensión de prueba, que van desde 50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V lo que permite adaptarse a diferentes condiciones de prueba con precisión. Observar figura 15



Fig. 14 Equipo de medición MEGGER

2.9.7. Características y Funcionalidades

El Megger Fluke 1507 no solo mide la resistencia de aislamiento, además también presenta funciones complementarias como medición de continuidad y detección de voltaje. Su diseño resistente y su pantalla digital hacen que los resultados sean fáciles de leer, mientras que su tamaño compacto y su batería de larga duración lo hacen ideal para usar en el campo.

2.9. 7. Ventajas y desventajas del Megger Fluke 1507

Ventajas:

- **Precisión:** El Megger Fluke 1507 ofrece mediciones precisas de resistencia de aislamiento en una amplia gama de valores, lo que permite una evaluación precisa del estado del aislamiento en equipos eléctricos.
- **Facilidad de uso:** Su diseño intuitivo y su interfaz de usuario simplificada facilitan la operación, incluso para usuarios sin experiencia técnica avanzada. Esto reduce el tiempo necesario para realizar pruebas y simplifica el proceso de diagnóstico.
- **Versatilidad:** El dispositivo ofrece múltiples rangos de tensión de prueba, desde 50 V hasta 1000 V, que lo convierte en adecuado para una amplia gama de aplicaciones y condiciones de prueba. Esto lo convierte en una herramienta versátil para ingenieros eléctricos y técnicos de mantenimiento.
- **Funcionalidades Adicionales:** Además de medir la resistencia de aislamiento, el Megger Fluke 1507 incluye características como la medición de continuidad y la detección de voltaje, lo que aumenta su utilidad en el campo y proporciona información adicional sobre el estado de los equipos eléctricos.
- **Diseño Robusto:** Su construcción robusta y resistente garantiza su durabilidad en entornos industriales y condiciones adversas, que lo hace una opción confiable para uso en campo.

Desventajas

- **Costo:** Aunque ofrece numerosas ventajas, el Megger Fluke 1507 puede tener un precio relativamente alto en comparación con otros medidores de resistencia de aislamiento en el mercado. Esto puede limitar su accesibilidad para algunos usuarios con presupuestos ajustados.
- **Complejidad de las Funciones Avanzadas:** A pesar de su facilidad de uso general, algunas de sus funciones avanzadas pueden resultar complicadas de entender o utilizar para usuarios menos experimentados, lo que puede requerir capacitación adicional.
- **Limitaciones en Aplicaciones Específicas:** Aunque es versátil, el Megger Fluke 1507 puede no ser la mejor opción para ciertas aplicaciones especializadas que requieren características específicas que este dispositivo no ofrece.
- **Requiere Mantenimiento Regular:** Como cualquier equipo de medición, el Megger Fluke 1507 requiere mantenimiento regular para garantizar su precisión y

confiabilidad a lo largo del tiempo. Esto puede implicar calibración periódica y cuidado adecuado para mantener su funcionamiento óptimo.(Ca, s. f.)

2.9.8 Especificaciones del Megger Fluke 1507

Voltaje de salida	Rango de exhibición	Resolución	Corriente de comprobación	Exactitud $\pm$ (% de la lectura + dígitos)
50 V (0 % a + 20 %)	0,01 M Ω a 20,00 M Ω	0,01 M Ω	1 mA a 50 k Ω	$\pm$ (3 % + 5)
	20,0 M Ω a 50,0 M Ω	0,1 M Ω		
100 V (0 % a + 20 %)	0,01 M Ω a 20,00 M Ω	0,01 M Ω	1 mA a 100 k Ω	$\pm$ (3 % + 5)
	20,0 M Ω a 100,0 M Ω	0,1 M Ω		
250 V (0 % a + 20 %)	0,01 M Ω a 20,00 M Ω	0,01 M Ω	1 mA a 250 k Ω	$\pm$ (1,5 % + 5)
	20,0 M Ω a 200,0 M Ω	0,1 M Ω		
500 V (0 % a + 20 %)	0,01 M Ω a 20,00 M Ω	0,01 M Ω	1 mA a 500 k Ω	$\pm$ (1,5 % + 5)
	20,0 M Ω a 200,0 M Ω	0,1 M Ω		
	200 M Ω a 500 M Ω	1 M Ω		
1000 V (0 % a + 20 %)	0,1 M Ω a 200,0 M Ω	0,1 M Ω	1 mA a 1 M Ω	$\pm$ (1,5 % + 5)
	200 M Ω a 2000 M Ω	1 M Ω		
	2,0 G Ω a 10,0 G Ω	0,1 G Ω		$\pm$ (10 % + 3)

Fig. 15 Especificaciones del Megger 1507

2.9.9 Características técnicas del Megger Fluke.

- ✓ Rango de medición desde 0.01 M Ω hasta 10 G Ω .
- ✓ Voltajes de prueba van desde 50V hasta 1000V.
- ✓ Precisión con una tolerancia específica dependiendo del rango de voltaje seleccionado y las condiciones de prueba.
- ✓ Pantalla digital de fácil lectura donde muestra los valores medidos.
- ✓ Tensión de CA o CC: 0,1 V a 600 V
- ✓ Continuidad Lo ohmios/conexión a tierra (200 mA)
- ✓ Tiene una resistencia de 0,01 Ω a 20,00 K Ω (FLUKE, 2020)



Fig. 16 Comprobación de la resistencia Megger Fluke 1507

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Un protocolo de medición de aislamientos utilizando el Megohmetro Fluke 1507 permitirá al laboratorio del ISTER evaluar de manera confiable la integridad del aislamiento en equipos inductivos. Este protocolo contribuirá a mejorar la seguridad y eficiencia operativa, capacitando al personal en prácticas de medición precisas y consistentes. Este proyecto establecerá un protocolo de medición confiable, donde fortalecerá las capacidades del laboratorio del ISTER en la evaluación de la integridad del aislamiento de equipos inductivos. A través de la documentación y el reporte continuo, se garantiza un mantenimiento preventivo efectivo y una mejora continua en las prácticas de medición, contribuyendo a la seguridad y eficiencia operativa del instituto.

3.1. Elementos utilizados para un aislamiento en equipos inductivos utilizando el equipo de medición.

- Instrumento de medidas marca Fluke 1507
- 2 bobina de 1/2 hp monofásico
- 2 transformadores de 0.250kva
- 1 motor trifásico de 3hp 220/440volts.
- 1 generador de 80A 24volts. corriente continua.
- 1 motor de 3 velocidades 3/4 hp 110volts.
- 1 motor reversible de 3/4hp de 110volts.
- 1 motor de corriente continua 1/4 hp
- Resistencia 110volts. 1500w
- Pistola de calor 110v
- 1/2 Litro de solvente dieléctrico (ssd) rojo
- ½ Litro de solvente dieléctrico (ssd) azul
- 1 barniz spray marca dolphs ER-41 color RED
- 1 limpiador de humedad en espray
- 1 Breakers de 16A de 3 polo
- 1 voltímetro 22mm

- 1 amperímetro de 22mm
- Mesa para banco de pruebas mixtas hierro y madera: Medidas Altura 85cm ancho 80 cm profundidad 50cm panel frontal de 25cm
- 4 tubos cuadrados de 1 1/4" x 1.5
- 1 plancha de 1.5mm
- 1 kilo de soldadura 3/16 611
- 2 disco de corte de 4"
- 2 litro de pintura fondo
- 2 riel telescópico
- 1 cerradura
- Alquiler de herramientas varias
- 20. Remaches 3/16 x1/2"

3.2. Mediciones adecuadas en voltajes con el megger Fluke 1507

Para seleccionar el voltaje adecuado en cada medición, se deben considerar normativas que establecen los valores mínimos y máximos según el sistema, la tasación o la categoría del voltaje. Usualmente, cada modelo especifica un voltaje máximo permitido por el fabricante. (*como-usar-un-megger-de-aislamiento @ www.certicalia.com, s. f.*)

A continuación, en la tabla 6, se presentan los valores de voltaje recomendados para medir resistencias de aislamiento.

Tabla 7 Mediciones de Voltajes

RATIO AC SISTEMAS	VOLTAJE DC TEST
Menor de 100V	100V -200V
Entre 440V y 550V	500V – 1000V
2400V	1000V-2000V o Superior
4160V	1000V-5000V o Superior

3.3. Eficacia de mediciones del Megger Fluke 1507

En ausencia de mediciones previas para comparar, se puede utilizar la siguiente tabla como referencia para interpretar los resultados obtenidos en la tabla 7.

Tabla 8 Mediciones del megger

ESTADO	MEDICIONES MÍNIMAS
Peligroso	< 1
Cuestionable	1-2
Bueno	2-4
Excelente	>4

Es importante considerar que las mediciones de resistencia de aislamiento son susceptibles a la temperatura: Cuando la temperatura sube, la resistencia tiene un descenso y viceversa. Una regla común es que la resistencia cambia en un factor de 2 por cada variación de 10 °C. Por ello, las mediciones deben realizarse bajo las mismas condiciones ambientales. Los valores ideales de aislamiento varían según el sistema evaluado. En general, los técnicos más experimentados suelen aplicar una referencia arbitraria de 1 MΩ por cada 1 kV.

3.4. Funcionamiento de un Megger.

Una instalación eléctrica necesita una adecuada capacidad de aislamiento para funcionar correctamente. Con el tiempo, los aislamientos de los conductores eléctricos se deterioran, especialmente bajo condiciones adversas como temperaturas extremas o ambientes contaminados químicamente. Es crucial detectar estos daños a tiempo para realizar un mantenimiento adecuado. Un Megger, o Megohmetro, es una herramienta utilizada para medir la resistencia de aislamiento en cables y bobinados.

3.4.1. Medición con el Megger

Para utilizar un Megger y medir un aislamiento, es fundamental entender su funcionamiento. Este dispositivo tiene dos componentes principales: un generador de corriente continua y el mecanismo de medición de la resistencia. El generador, que puede ser operado manualmente o de forma eléctrica, proporciona la corriente necesaria para la medición. El mecanismo de medición incluye dos imanes dispuestos en paralelo.

El uso de un Megger implica conectar dos cables, uno positivo y otro negativo, a través del material aislante. Algunos modelos utilizan tres cables. Antes de realizar la medición, es importante inspeccionar las áreas que deben estar aisladas para tener una idea clara de lo que

se va a medir como se observa en la figura 18. (*Funcionamiento de un Megger - Osaka Electronics, s. f.*)



Fig. 17 funcionamiento del Megger

3.4.2. Prueba de aislamiento con Megger

La prueba de aislamiento con Megger implica aplicar una tensión controlada y estable entre 125-10,000V CC al conductor cuya resistencia de aislamiento se quiere medir. El Megger mide la corriente que circula bajo esta tensión. La resistencia del aislamiento se calcula aplicando la fórmula básica de voltaje dividido por corriente (V/I).

Esta prueba permite generar una condición de fallo controlada para evaluar el aislamiento del conductor. El Megger es un instrumento que aplica la tensión y mide la corriente de forma segura, lo que permite calcular numéricamente la resistencia del aislamiento. Esto da una medida cuantitativa de la capacidad del aislamiento para cumplir con sus funciones de protección y prevención de fallas

$$\textit{Resistencia} = \frac{\textit{voltaje}}{\textit{Intensidad}}$$

La resistencia medida indica la capacidad de aislamiento del sistema. Para obtener mediciones precisas, la norma establece suministrar voltaje por más de un minuto para megómetros de más de 1 kV, y pocos segundos para menos de 1 kV.

Durante la medición, la resistencia puede variar dentro de cierto rango o mantenerse estable, dependiendo del tamaño del sistema. Los equipos grandes suelen mostrar una disminución más constante, mientras que los pequeños son más estables.

El Megger almacena los datos de referencia para comparar medidas posteriores en el mismo punto, siempre y cuando se realicen en iguales condiciones ambientales.

Las pruebas de aislamiento sirven para supervisar el estado del sistema, no para diagnosticar fallos, ya que proporcionan una medición de mantenimiento del comportamiento aislante.(036e963e875f10e63f396a5db8569cbc0488db9e @ Subestaciones.Digamel.Com, n.d.)

3.4.3. Medidas de resistencia de fase a la estructura Jausin de un motor eléctrico de 200hp. 380v 50hz.



Fig. 18 Medición de resistencia a motor Jausin

Tenemos medidas de resistencia de fase a la estructura jausin de un motor eléctrico de 200 HP, 380 V y 50 Hz, correspondiente a un compresor de tornillo de refrigeración de un barco atunero. El motor eléctrico presenta un alto consumo de corriente, lo que provoca el disparo del breaker principal.

Se procede a realizar mediciones utilizando el equipo Fluke, obteniendo como resultado 0 ohmios con 1000 volts. Este resultado indica que el motor eléctrico está recalentado. Debido a este diagnóstico, ya no es necesario desarmar el motor para verificar visualmente el estado de la bobina.

Dado que el motor presenta este problema, se decide llevarlo al taller de rebobinado para una revisión y reparación exhaustiva. En el taller, se realizarán las siguientes acciones:

- **Desmontaje y limpieza:** El motor será desarmado completamente y limpiado para eliminar cualquier residuo o suciedad acumulada.

- **Inspección de bobinas:** Se procederá a una inspección detallada de las bobinas para verificar su estado y determinar el alcance del daño.
- **Rebobinado de bobinas:** Si se determina que las bobinas están dañadas, se procederá a su rebobinado con materiales nuevos y de calidad para garantizar un funcionamiento óptimo del motor.
- **Pruebas de aislamiento y resistencia:** Una vez rebobinado, se realizarán pruebas de aislamiento y resistencia para asegurar que el motor cumple con los estándares requeridos.
- **Montaje y prueba de funcionamiento:** Finalmente, el motor será ensamblado nuevamente y se realizará una prueba de funcionamiento para verificar que el problema ha sido solucionado y que el motor opera correctamente.

El proceso de rebobinado y reparación del motor es crucial para garantizar la operatividad y eficiencia del compresor de tornillo de refrigeración del barco atunero, evitando futuros fallos y asegurando un rendimiento óptimo.

3.5. Armado de la estructura metálica

Se realizaron la medición y el corte de las tuberías cuadradas de 1 1/4" x 1.5" para el armado de la estructura.



Fig. 19. Armado de estructura

Después de obtener las medidas adecuadas, se procedió al armado y soldadura de la estructura utilizando varillas de soldadura 6011 de 3/16" a 60A. en el anexo 1 se muestra el plano de la mesa de trabajo.



Fig. 20 Armado y soldadura de la estructura metálica

- Finalizados los trabajos de soldadura, se procedió al pulido de la estructura y a la corrección de fallas utilizando una pulidora. Posteriormente, se llevó a cabo la limpieza y se aplicó una capa de pintura con fondo anticorrosivo de color gris. Como se observa en la figura 22



Fig. 21. Corrección de fallas y pintado de estructura

Finalización del armado de la mesa de trabajo para mediciones ha sido completamente armada, asegurando un espacio organizado y eficiente para realizar pruebas. Se han integrado herramientas y equipos necesarios, optimizando la precisión y seguridad en las mediciones. La disposición facilita el acceso rápido a instrumentos clave y mejora la productividad. Todo está listo para iniciar las actividades de medición de manera efectiva. Figura 23.



Fig. 22 finalización del trabajo de la mesa

Se procede a realizar la instalación de las extensiones necesarias para las conexiones de alimentación en la mesa de laboratorio. Este proceso se llevó a cabo siguiendo los estándares de seguridad y calidad para avalar un funcionamiento óptimo y seguro. Como se visualiza en la figura 24





Fig. 23, Instalación de la mesa de trabajo

3.6. Búsqueda de información bibliográfica.

Se llevó a cabo la búsqueda de información detallada sobre las mediciones adecuadas de aislamiento utilizando el megger. Este proceso incluyó la consulta de manuales técnicos, artículos académicos y normativas industriales para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones. Además, se revisaron estudios de casos y se compararon diferentes metodologías para seleccionar las mejores prácticas en el uso del megger. Esta investigación es crucial para asegurar que las mediciones de aislamiento sean precisas y cumplan con los estándares de seguridad y eficiencia requeridos.

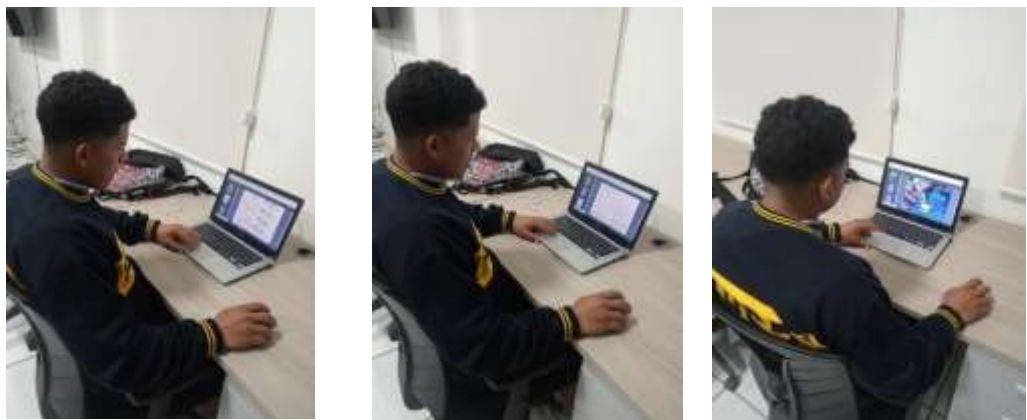


Fig. 24 Búsqueda de información

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Metodología de Pruebas

Para validar el protocolo, se seleccionaron diversos equipos inductivos del laboratorio del ISTER, incluyendo motores eléctricos, transformadores y bobinas de inducción. Se seleccionaron equipos con diferentes estados de uso y mantenimiento para evaluar la efectividad del protocolo en diversas condiciones.



Fig. 25 Medición de Aislamientos

4.2. Preparación del Equipo de Medición

Para llevar a cabo las mediciones de aislamiento, se utilizó el Megger Fluke 1507, reconocido por su compacidad, robustez y facilidad de uso. Antes de iniciar las pruebas, se verificó la calibración del dispositivo para garantizar la precisión de los resultados. Adicionalmente, se realizaron pruebas preliminares con el fin de asegurar su correcto funcionamiento y confirmar que estaba operando dentro de los parámetros especificados. Esta verificación previa es esencial para obtener datos fiables y consistentes, que son fundamentales para evaluar adecuadamente el estado del aislamiento en los equipos y sistemas analizados.

- Se llevó a cabo el respectivo mantenimiento de los motores, preparándolos para las mediciones y simulaciones de las bobinas utilizando el Megger Fluke. Este proceso incluyó una inspección detallada y limpieza de los componentes internos y externos del motor, asegurando que no hubiera residuos ni contaminantes que pudieran afectar

las mediciones. Se verificaron y ajustaron las conexiones eléctricas, y se comprobaron las condiciones de las bobinas para garantizar su integridad antes de realizar las pruebas. Posteriormente, se utilizaron las capacidades avanzadas del Megger Fluke para medir la resistencia de aislamiento de las bobinas y simular condiciones de operación, proporcionando datos críticos para evaluar el rendimiento y la seguridad del motor. Estas mediciones son esenciales para identificar posibles fallas y asegurar un funcionamiento óptimo y seguro de los motores en sus aplicaciones respectivas.



Fig. 26 Mantenimiento de aislamiento de bobinas y motores

- En nuestro laboratorio, llevamos a cabo meticulosas mediciones de aislamiento en las bobinas del estator del generador, garantizando estándares de calidad superiores. Nuestro proceso de mantenimiento incluye el pintado y barnizado especializado de las bobinas, asegurando una protección duradera contra condiciones ambientales adversas y manteniendo la eficiencia operativa a largo plazo de los generadores eléctricos.



Fig. 27 Mediciones de aislamiento en las bobinas del estator del generador.

4.3. Pruebas de aislamientos en cables

Tabla 9 Mediciones a cables concéntricos 2*12

MEDICIONES A CABLE CONCENTRICO 2*12		
	Prueba de aislamiento en cables concentrico 2*12	Prueba de aislamiento entre líneas de un cable recalentado en cable concentrico 2*12 donde nos da valores de 0 ohmios por lo que el cable esta corto (recalentado)
	 Resistencia de aislamiento: Cable 1 : 550 MΩ Voltaje: 527 V	 Resistencia de aislamiento: Cable 2 : 000 MΩ Voltaje: 1 V

4.4. Mediciones a transformador 0.320 kva

Tabla 10. Mediciones a transformador 0.320 kva

MEDICIONES A TRANSFORMADOR 0.320 KVA				
	Resistencia de aislamiento transformador 1:			
	 R: MΩ Núcleo y Bobina primaria: 9,07 MΩ Voltaje 111V	 R: MΩ Núcleo y Bobina secundaria: 110.0 MΩ Voltaje 111V	 R: MΩ Bobina primaria y secundaria 110.0 MΩ Voltaje 111V	
MEDICIONES A TRANSFORMADOR 0.320 KVA				
	Resistencia de aislamiento transformador 2:			
	 R: MΩ Núcleo y Bobina primaria: 110.0 MΩ Voltaje 111V	 R: MΩ Núcleo y Bobina secundaria: 110.0 MΩ Voltaje 111V	 R: MΩ Bobina primaria y secundaria 110.0 MΩ Voltaje 111V	

4.5. Aislamiento de un motor de corriente continua

Tabla 11. Aislamiento de un motor de corriente continua

PRUEBA DE AISLAMIENTO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA	
	Realización de la prueba de aislamiento de un motor de corriente continua a 100V, donde marca 0MΩ porque está quemado
	 Resistencia de aislamiento Entre la bobina y la carcasa: 000MΩ voltaje 1 V

4.6. Aislamiento en un generador

Tabla 12. Aislamiento en un generador

PRUEBA DE AISLAMIENTO EN UN GENERADOR		
	Realización de la prueba de aislamiento de un rotor de generador entre el bobinado y núcleo del rotor.	Realización de la prueba de aislamiento de un rotor de generador entre carcasa y bobina
	 Resistencia de aislamiento bobina y núcleo 110 MΩ voltaje 111 V	 Resistencia de aislamiento Terminales de la bobina y carcasa del rotor 110 MΩ voltajes: 111 V

4.7. Aislamiento en bobinas con humedad.

Tabla 13. Aislamiento en bobinas con humedad.

PRUEBA DE AISLAMIENTO EN BOBINAS CON HUMEDAD.			
	Prueba de aislamiento sin humedad.	Prueba de aislamiento con humedad donde se observa que el motor baja a 0	Prueba de aislamiento entre la bobina y la carcasa con temperatura donde sube el aislamiento poco a poco
	 Resistencia de aislamiento Bobina y la carcasa sin humedad. 550 MΩ voltaje 521 V	 Resistencia de aislamiento Entre la bobina y la carcasa con humedad. 0,18 MΩ voltaje 216 V	 Resistencia de aislamiento Entre la bobina y la carcasa con temperatura. 14.33 MΩ voltaje 526 V

4.8. Prueba de índice de absorción dieléctrica (DAR)

Tabla 14. Prueba de índice de absorción dieléctrica (dar)

PRUEBA DE ÍNDICE DE ABSORCIÓN DIELECTRICA (DAR)		
	Prueba de aislamiento DAR entre bobinas carcasa donde nos marca ERROR donde el aislamiento esta infinito	Prueba de aislamiento DAR entre bobinas
	 Resistencia de aislamiento bobina y carcasa ERROR voltaje 0 V	 Resistencia de aislamiento aislamiento entre bobinas 0,2MΩ voltaje 314 V

4.9. Prueba de índice de polaridad (PI)

Tabla 15. Prueba de índice de polaridad (pi)

PRUEBA DE ÍNDICE DE POLARIDAD (PI)			
	Prueba de aislamiento PI entre bobinas carcasa donde esta medida esta fuera del rango una lectura muy buena		Prueba de aislamiento PI entre bobinas
	 Resistencia de aislamiento bobina y carcasa voltaje 6,5 GM		 Resistencia de aislamiento aislamiento entre bobinas voltaje 4.60 Ω

En el anexo 2 se encuentran las guías practicas correspondientes a las mediciones

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizaron las mediciones necesarias, incluyendo la implementación del megger Fluke 1507, y se aseguró la correcta calibración y funcionamiento del equipo. Esto permitió confirmar que el equipo estaba en condiciones óptimas para proporcionar mediciones precisas, reduciendo la posibilidad de errores o desviaciones durante el proceso de evaluación.
- Se efectuaron las mediciones en varios equipos inductivos bajo diferentes escenarios, como en el caso de la medición de dos cables concéntricos. Las mediciones entre líneas arrojaron resultados de 5.50 Megohmios y 527 Voltios. Estos valores indicaron un nivel de resistencia aceptable, lo que sugiere que los cables y equipos evaluados se encuentran en buen estado y dentro de los parámetros de seguridad establecidos.
- Se llevó a cabo el procedimiento de medición en un cable recalentado, obteniendo 0 ohmios y 1 voltio al medir entre líneas. Estos resultados indicaron que el cable estaba recalentado, lo que representa un riesgo potencial de falla. Como resultado, se recomendó una revisión exhaustiva del sistema para evitar posibles interrupciones o daños adicionales.
- Se realizaron mediciones de aislamiento en un transformador, evaluando tanto las bobinas primarias como el núcleo, obteniendo un aislamiento de 9.07 Megaohmios a 1.11 voltios. En las mediciones entre las bobinas secundarias y el núcleo, se registró un valor de 1.10 Megaohmios y 1.11 voltios. Estos resultados indican un aislamiento adecuado en las bobinas primarias, pero un valor considerablemente menor en las bobinas secundarias, lo que podría señalar una posible degradación del aislamiento en esta área y la necesidad de un seguimiento más detallado.

- Se realizó la medición a un motor de corriente continua, obteniéndose una resistencia de 0 ohmios entre su borne positivo y negativo. Este resultado indica claramente que el motor está quemado.
- Se llevó a cabo una prueba de aislamiento en una bobina que presentaba humedad. En primer lugar, se midió el aislamiento de la bobina en estado seco, obteniendo un valor de 5.50 megaohmios y 5.21 voltios. Posteriormente, se aplicó agua a la bobina, lo que redujo el aislamiento a 0.13 megaohmios y 2.16 voltios. Para mejorar el aislamiento, se calentó la bobina, observando cómo los valores de aislamiento comenzaron a recuperarse gradualmente.

5.2. Recomendaciones

- Realizar mantenimientos periódicos en los equipos eléctricos, asegurando la correcta calibración de instrumentos como el megger Fluke 1507, para garantizar mediciones precisas y evitar fallas inesperadas.
- Monitorear regularmente el estado de los cables y equipos inductivos, especialmente en escenarios donde se puedan presentar condiciones adversas, como recalentamientos o desgaste, para identificar problemas potenciales antes de que provoquen daños mayores.
- Implementar protocolos de inspección y prueba en transformadores, prestando especial atención a los niveles de aislamiento entre las bobinas primarias y secundarias, para detectar y corregir cualquier degradación en el aislamiento que pueda comprometer la seguridad y el rendimiento del equipo.
- Revisar de inmediato los motores de corriente continua que presenten mediciones de resistencia nula, ya que este síntoma sugiere un daño crítico como un motor quemado, lo que requiere intervención inmediata para evitar interrupciones en las operaciones.

- Adoptar medidas preventivas para mantener la integridad del aislamiento en bobinas que puedan estar expuestas a condiciones de humedad, incluyendo la aplicación de técnicas de secado o calentamiento para restaurar y mantener los niveles óptimos de aislamiento, garantizando la longevidad y la eficiencia del equipo.

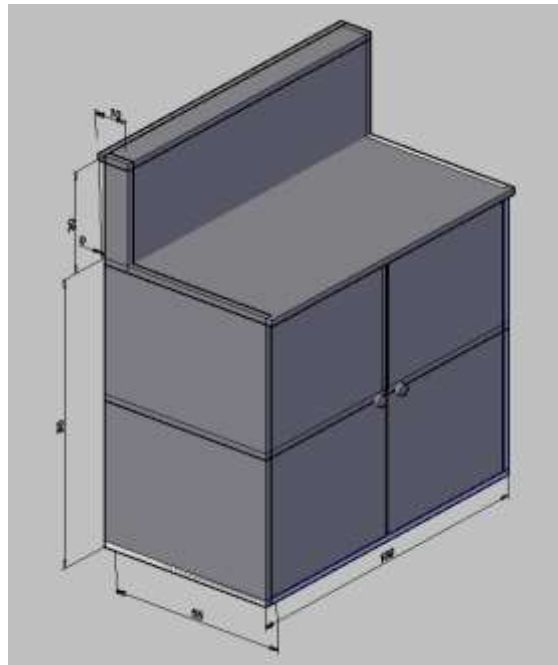
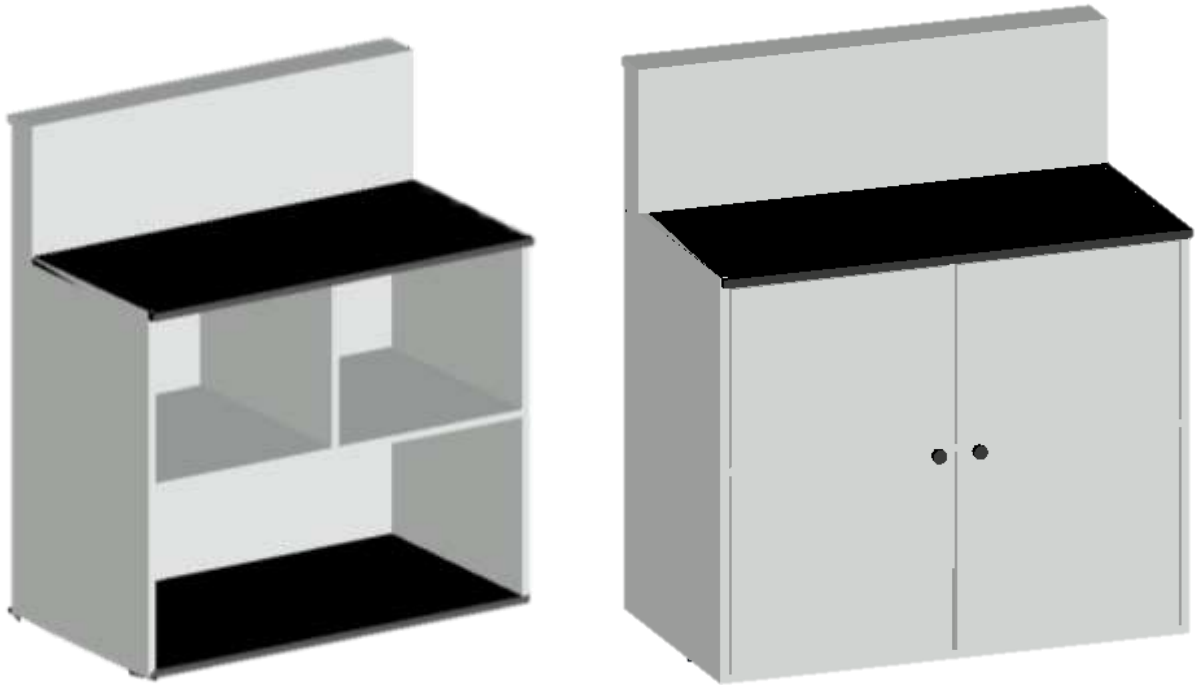
BIBLIOGRAFÍAS

- CSL_BIBLIOGRAPHY 174074e6373257dc716a3c4850d50276246cc5c9 @ concepto.de.
(n.d.). <https://concepto.de/aislante-electrico/52570255> @ www.studocu.com. (n.d.).
<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-rafael-urdujaneta/electricidad/comprobacion-aislamiento-fluke/52570255>
- 6696348f57ab80ced625e22b507b97312be09a80 @ www.galelectric.com.co. (n.d.).
<https://www.galelectric.com.co/blog/fallas-de-aislamiento/>
- Ca, V. (n.d.). 1507/1503. <http://www.finaltest.com.mx/v/vspfiles/assets/datasheet/FLUKE-1503.pdf>
- como-usar-un-megger-de-aislamiento @ www.certicalia.com. (n.d.).
<https://www.certicalia.com/blog/como-usar-un-megger-de-aislamiento>
- de aislamiento a voltajes superiores a 1 kV. (n.d.). https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias_Tecnicas_Megger/Castellano/Above1kV_UG_ESLA_V06.pdf
- Fallas-por-aislamiento-en-motores-electricos @ es.scribd.com. (n.d.).
<https://es.scribd.com/document/693678666/Fallas-por-aislamiento-en-motores-electricos>
- FLUKE. (2020). *de resistencia ¿ Por qué se debe llevar a cabo la prueba de aislamiento ?*
https://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/Comprobacion_aislamiento.pdf
- Funcionamiento de un Megger - Osaka Electronics*. (n.d.).
- Group, C. A. (2010). Guía de la medición de aislamiento. *Chauvin Arnoux*, 1–28.
www.chauvin-arnoux.es
- Medición de resistencia de aislamiento en motores eléctricos, aplicación a las bombas centrífugas* - vyphidroasesores.com. (n.d.).
- Montiel, R. (2012). No TitleФормирование парадигмальной теории региональной экономики. Экономика Региона, <http://wza.https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1307/ESTUDIO>
- VALORATIVO DEL ESTADO DE AISLAMIENTO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRE_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vázquez, E. R. G., & Delgado, J. E. P. (2014). Análisis de la degradación del aislamiento ante sobrecargas eléctricas en los cables de mayor utilización en las instalaciones civiles de la ciudad de Cuenca. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 142.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7181/6/UPS-CT004032.pdf>
036e963e875f10e63f396a5db8569cbc0488db9e @ subestaciones.digamel.com. (n.d.).
<https://subestaciones.digamel.com/es/blog/medida-resistencia-aislamiento-transformadores-potencia/>
de aislamiento a voltajes superiores a 1 kV. (n.d.). https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias_Tecnicas_Megger/Castellano/Above1kV_UG_ESLA_V06.pdf
funcionamiento-de-un-megger @ osakaelectronicsltda.com. (n.d.).
<https://osakaelectronicsltda.com/blog/recomendaciones/funcionamiento-de-un-megger>
sheath-resistance-testing @ www.elandcables.com. (n.d.).
<https://www.elandcables.com/es/the-cable-lab/independent-cable-testing-and-inspection-services/sheath-resistance-testing>

ANEXOS

ANEXO 1	MESA DE TRABAJO	1-1
---------	-----------------	-----



MEDIDAS DE LA MESA

Anexo 2. Guías prácticas

GUÍAS PRÁCTICAS					
CARRERA: Electricidad		ASIGNATURA: Circuitos eléctricos			
DOCENTE RESPONSABLE:					
Nº. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Pruebas de aislamientos de cables con Megger Fluke 1507			
MODALIDAD	Aula		Talleres		Simulación
TIEMPO DE DURACIÓN	4 horas		TALLER / LABORATORIO:		
PERIODO ACADEMICO: 2024-2025	CICLO: I	MODALIDAD:	SEMIPRESENCIAL	NIVEL Y PARALELO :	2
OBJETIVO: Realizar la medición de aislamiento en equipos inductivos utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507					
DESARROLLO					
PREPARATORIO					
1. Realizar el procedimiento adecuado de medición de aislamiento en equipos inductivos. 2. Registrar los valores de resistencia de aislamiento obtenidos durante la práctica. 3. Analizar los resultados obtenidos y determinar si cumplen con los estándares de seguridad eléctrica.					
Procedimiento:					
1. Seleccionar el equipo inductivo a ser evaluado. 2. Asegurarse de que el equipo está desconectado y desenergizado. 3. Conectar el Megger Fluke 1507 según el manual de usuario y las normas de seguridad. 4. Realizar la medición de aislamiento siguiendo los pasos indicados en el manual del equipo. 5. Registrar los valores obtenidos en una tabla para su posterior análisis.					
MATERIALES					
MÓDULO:		INSUMOS / MATERIALES:			
Mesas de trabajo del taller		1 equipo de medición Megger Fluke 1507 1 equipo inductivo (motor, transformador, etc.) Cables de conexión Manual del Megger Fluke 1507 equipos EPP			
NORMAS DE SEGURIDAD		Seguir las normas de seguridad eléctrica y procedimientos operativos estándar. Usar equipo de protección personal adecuado (guantes, gafas de seguridad, etc.). Asegurarse de que el equipo a medir esté correctamente desenergizado Verificar las conexiones antes de realizar cualquier medición. No trabajar solo; siempre realizar este tipo de prácticas en compañía de otra persona.			
OBJETIVO GENERAL					
Realizar las mediciones de las variables eléctricas de aislamiento en equipos inductivos utilizando el Megger Fluke 1507 y analizar los resultados obtenidos para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad.					

FUNDAMENTO TEORICO:

ANALISIS DE COMPONENTES

Aplicaciones del Aislamiento Eléctrico

El aislamiento eléctrico se aplica en muchas áreas, como:

- **Cables Eléctricos:** Protege los conductores y evita el contacto entre ellos ver figura 1.

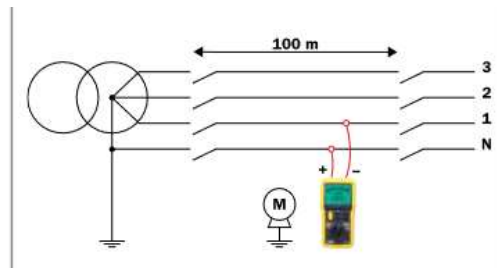


Fig. 1 Medición de aislamiento en cables eléctricos

- **Transformadores y Motores:** Aísla las bobinas y el núcleo para prevenir cortocircuitos y mantener la eficiencia (figura 2).

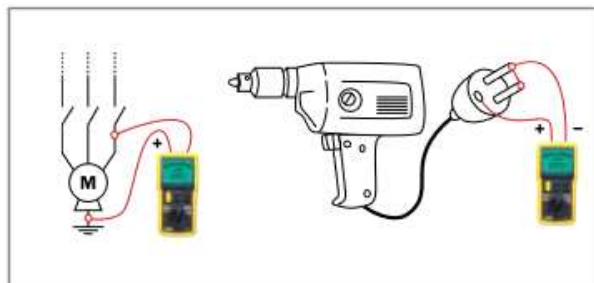


Fig 2. Medición de aislamiento en transformadores

- **Componentes Electrónicos:** Protege los circuitos y dispositivos contra descargas eléctricas y daños (Figura 3)(174074e6373257dc716a3c4850d50276246cc5c9 @concepto.de, s. f.)

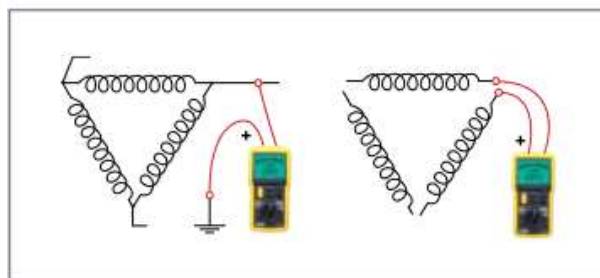


Fig. 3. Medición de aislamiento en dispositivos electrónicos

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 1 AISLAMIENTO DE CABLES

El estudiante deberá realizar la medición del aislamiento de cables utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Preparación del equipo:

Asegúrese de que el cable a probar esté correctamente desconectado y desenergizado. Verifique las condiciones del cable y asegúrese de que esté listo para la medición.

o Equipo: Cable a probar

o Megger Fluke 1507



Nota: Asegúrese de que el área esté segura y que no haya ningún riesgo de contacto accidental con partes energizadas.

2. Conexión del Megger Fluke 1507:

Conecte el Megger Fluke 1507 al cable según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras.



Nota: Siga las instrucciones específicas del manual del Megger Fluke 1507 para realizar la conexión correcta

3. Medición de aislamiento:

Realice la medición de aislamiento seleccionando el rango adecuado en el Megger Fluke 1507. Asegúrese de registrar los valores de resistencia de aislamiento obtenidos durante la medición.

• Resistencia de aislamiento:

Cable 1: - Cable 2:

4. Análisis de resultados:

Analice los resultados obtenidos y compárelos con los estándares de seguridad eléctrica. Determine si los valores de resistencia de aislamiento son adecuados y si el cable cumple con los requisitos de seguridad.

Estándares de seguridad:

Conclusiones:

Nota: Siempre siga las normas de seguridad y utilice equipo de protección personal adecuado durante la realización de la práctica.

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 2 AISLAMIENTO EN UN TRANSFORMADOR

El estudiante deberá realizar la medición del aislamiento en un transformador utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Preparación del equipo:

Asegúrese de que el transformador a probar esté correctamente desenergizado y desconectado de cualquier fuente de alimentación. Verifique las conexiones y asegúrese de que todo esté listo para la medición.

- o Transformador a probar
- o Megger Fluke 1507



Nota: Asegúrese de que el área esté segura y que no haya ningún riesgo de contacto accidental con partes energizadas.

2. Conexión del Megger Fluke 1507:

Conecte el Megger Fluke 1507 al transformador según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras.



Nota: Siga las instrucciones específicas del manual del Megger Fluke 1507 para realizar la conexión correcta.

3. Medición de aislamiento:

Realice la medición de aislamiento seleccionando el rango adecuado en el Megger Fluke 1507. Asegúrese de registrar los valores de resistencia de aislamiento obtenidos durante la medición.

• Resistencia de aislamiento:

TRANSFORMADOR 1.

R:

- Núcleo y Bobina primaria:
- Núcleo y Bobina secundaria:
- Bobina primaria y secundaria

TRANSFORMADOR 2

R:

- Núcleo y Bobina primaria:
- Núcleo y Bobina secundaria:
- Bobina primaria y secundaria

4. Análisis de resultados:

Analice los resultados obtenidos y compárelos con los estándares de seguridad eléctrica. Determine si los valores de resistencia de aislamiento son adecuados y si el transformador cumple con los requisitos de seguridad.

Estándares de seguridad:

Conclusiones:

Nota: Siempre siga las normas de seguridad y utilice equipo de protección personal adecuado durante la realización de la práctica.

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 3 AISLAMIENTO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

El estudiante deberá realizar la medición del aislamiento en un motor de corriente continua utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Preparación del equipo:

Realice los cálculos del aislamiento en el motor y registre los resultados:

o Motor de corriente continua

o Megger Fluke 1507



Resistencia de aislamiento:

- Carcasa del motor:

Nota: Asegúrese de que el área esté segura y que no haya ningún riesgo de contacto accidental con partes energizadas.

3. Medición de aislamiento:

Conecte el Megger Fluke 1507 al motor de corriente continua según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras

• Mediciones

Resistencia de aislamiento entre la bobina y la carcasa:



ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 4 AISLAMIENTO EN UN GENERADOR

El estudiante deberá realizar la medición del aislamiento en un generador utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Reparación del equipo:

Realice los cálculos del aislamiento en el generador y registre los resultados:

- ☐ Generador
- ☐ Megger Fluke 1507



Nota: Asegúrese de que el área esté segura y que no haya ningún riesgo de contacto accidental con partes energizadas.

2. Implementación del circuito:

Conecte el Megger Fluke 1507 al generador según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras.

• Mediciones

- ☐ Resistencia de aislamiento entre la bobina y la carcasa:
- ☐ Resistencia de aislamiento entre las terminales de la bobina:
- ☐ Resistencia de aislamiento entre las terminales de la bobina y carcasa del rotor.



ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 5 AISLAMIENTO EN BOBINAS CON HUMEDAD.

El estudiante deberá realizar la medición del aislamiento en bobinas con humedad utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Preparación del equipo:

Realice los cálculos del aislamiento en la bobina con humedad y registre los resultados:

☐ Bobina

☐ Megger Fluke 1507



Resistencia de aislamiento:

Bobina:

Carcasa:

Nota: Asegúrese de que el área esté segura y que no haya ningún riesgo de contacto accidental con partes energizadas.

2. Implementación del practica:

Conecte el Megger Fluke 1507 a la bobina con humedad según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegurando de que las conexiones sean firmes y seguras inyectándole voltaje entre bobina y carcasa y observando los valores de resistencias en el megger con extrema precaución le colocamos agua en el bobinado y observamos los valores de resistencia, seguido de esto le introducimos temperatura con la pistola de calor al rebobinado y se observa los valores de resistencia.

Nota: Siga las instrucciones específicas del manual del Megger Fluke 1507 para realizar la conexión correcta

3. Mediciones

- ☐ Resistencia de aislamiento entre la bobina y la carcasa sin humedad.:



- ☒ Resistencia de aislamiento entre la bobina y la carcasa con humedad.:



- ☐ Resistencia de aislamiento entre la bobina y la carcasa con temperatura.:



Nota: Siempre siga las normas de seguridad y utilice equipo de protección personal adecuado durante la realización de la práctica.

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 6 PRUEBA DE ÍNDICE DE ABSORCIÓN DIELECTRICA (DAR)

El estudiante deberá realizar la prueba de índice de absorción dieléctrica (dar) utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Implementación del circuito:

Conecte el Megger Fluke 1507 al objeto a probar según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras.

- ☒ Cálculo del Índice de Absorción Dieléctrica (DAR):
- ☒ Calcule el DAR utilizando la fórmula $DAR = \frac{\text{Resistencia de aislamiento a los 60 segundos}}{\text{resistencia de aislamiento a los 30 segundos}}$

FORMULA:
$$DAR = \frac{\text{Resistencia de aislamiento a los 60 segundos}}{\text{resistencia de aislamiento a los 30 segundos}}$$

VALORES:

Condición del aislamiento	Relación 60/30 segundos	Relación 10/ minutos (índice de polarización)
Peligroso	–	Menos de 1
Dudoso	1.0 a 1.25	1.0 a 2***
Bueno	1.4 a 1.6	2 a 4
excelente	Arriba de 1.6**	Arriba de 4 **

- ☒ Cálculos del circuito:

Realice los cálculos necesarios para la prueba de índice de absorción dieléctrica (DAR) y registre los resultados:

- ☒ Equipo: Objeto a probar (cable, motor, etc.)
- ☒ Megger Fluke 1507



Prueba de aislamiento entre bobina y carcasa

- Resistencia de aislamiento inicial (30s):
- Resistencia de aislamiento final (60s):



Prueba de aislamiento entre bobinas

- Resistencia de aislamiento inicial (30s):
- Resistencia de aislamiento final (60s):



3. ☒ Análisis de resultados:

Analice los resultados obtenidos y compárelos con los estándares de seguridad eléctrica. Determine si los valores del índice de absorción dieléctrica son adecuados y si el objeto probado cumple con los requisitos de seguridad.

- Estándares de seguridad:
- Conclusiones:

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 7 PRUEBA DE ÍNDICE DE POLARIDAD (PI)

El estudiante deberá realizar la prueba de Índice de Polarización (PI) utilizando el equipo de medición Megger Fluke 1507, realizando las siguientes actividades:

1. Implementación del circuito:

Conecte el Megger Fluke 1507 al objeto a probar según el manual de usuario y las normas de seguridad. Asegúrese de que las conexiones sean firmes y seguras.

- ☐ Cálculo del Índice de Absorción Dieléctrica (DAR):
- ☐ Calcule el DAR utilizando la fórmula $DAR = \frac{Ren\ 10\ min}{Ren\ 1\ min}$

FORMULA:
$$IP = \frac{Ren\ 10\ min}{Ren\ 1\ min}$$

VALORES:

ÍNDICE DE POLARIDAD	ESTADO DE AISLAMIENTO
< 1	Peligroso
1,0 - 2,0 ***	Cuestionable
2,0 - 4,0	Bueno
> 4 **	Excelente

2. Cálculos del circuito:

Realice los cálculos necesarios para la prueba de Índice de Polarización (PI) y registre los resultados:

- ☐ Equipo: Objeto a probar (cable, motor, generador, etc.)
- ☐ Megger Fluke 1507



Prueba de aislamiento entre bobina y carcasa

- Resistencia de aislamiento inicial (1 minuto):
- Resistencia de aislamiento final (10 minutos):



Prueba de aislamiento entre bobinas

- Resistencia de aislamiento inicial (1 minuto):
- Resistencia de aislamiento final (10 minutos):



Cálculo del Índice de Polarización (P)

Calcule el PI utilizando la fórmula

$$IP = \frac{Ren\ 10\ min}{Ren\ 1\ min}$$

3. Análisis de resultados:

Analice los resultados obtenidos y compárelos con los estándares de seguridad eléctrica. Determine si los valores del Índice de Polarización son adecuados y si el objeto probado cumple con los requisitos de seguridad.

Estándares de seguridad:
- Conclusiones:

ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA 8 PRUEBA DE ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO

El estudiante deberá realizar la prueba arranque de un motor trifásico por medio de los conocimientos adquirido en las practicas anteriores



1. Implementación del circuito:

Conecte el motor a la alimentación de voltaje, instalando un equipo de protección y observe su velocidad y giro del motor y a su vez visualice el consumo de corriente:

1.1. Preparación:

- o Asegúrese de que el motor esté desconectado de cualquier fuente de alimentación.
- o Verifique que todas las conexiones estén en buen estado y que no haya daños visibles en el motor o en el cableado.

1.2. Conexión del motor a la alimentación de voltaje:

- o Conecte el motor a la fuente de alimentación de voltaje adecuada para su operación. Asegúrese de seguir las especificaciones del fabricante para el tipo y nivel de voltaje correcto.
- o Instale un equipo de protección adecuado, como un disyuntor o fusible, para proteger el circuito contra sobrecargas y cortocircuitos. Asegúrese de que el equipo de protección esté calibrado según las especificaciones del motor.

1.2. Observación de la velocidad y giro del motor:

- o Una vez que el motor esté conectado y el equipo de protección esté instalado, encienda el motor.
- o Observe el comportamiento del motor al arrancar. Preste atención a la dirección de giro para asegurarse de que el motor gire en la dirección deseada. Si el motor gira en la dirección incorrecta, apague inmediatamente la alimentación y ajuste las conexiones según sea necesario.

1.3. Visualización del consumo de corriente:

- o Utilice un amperímetro para medir el consumo de corriente del motor durante el arranque y la operación continua.
- o Observe y registre el valor de la corriente al momento del arranque y después de que el motor haya alcanzado su velocidad de operación normal. Compare estos valores con las especificaciones del fabricante y con los límites de seguridad establecidos.



ANEXO 3		PRESUPUESTO	1-1
Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Motor rebobinado trifásico	1	\$50,00	\$ 50,00
Motor en buenas condiciones	1	\$60,00	\$ 60,00
Motor de corriente continua	1	\$60,00	\$ 60,00
Motor de 1/2 hp	2	\$10,00	\$ 20,00
Motor trifásico quemado	1	\$10,00	\$ 10,00
Alternador	1	\$20,00	\$ 20,00
Transformadores de 500 kVA	2	\$20,00	\$ 40,00
Mesa de trabajo metal	1	\$45,00	\$ 45,00
Mesa de trabajo madera	1	\$130,00	\$ 130,00
Breakers trifásico	1	\$13,00	\$ 13,00
Conectores de banana	1	\$4,00	\$ 4,00
8 metros de cables concéntrico 4x12	1	\$15,00	\$ 15,00
Equipo de medidas V/A/F	1	\$9,00	\$ 9,00
Tomas industriales hembra/macho	1	\$24,00	\$ 24,00
Extensión 110v	1	\$5,00	\$ 5,00
Folleto	1	\$5,00	\$ 5,00
Metro de cuero color negro	1	\$8,00	\$ 8,00
Pistola de calor	1	\$25,00	\$ 25,00
Megger Fluke 1507	1	\$1.202,67	\$ 1.202,67
Spray de pintura	4	\$2,00	\$ 8,00
Transporte	-	-	\$ 180,00
Total, General			\$ 1.933,67



Fig. 28. Entrega de la mesa de trabajo en el laboratorio del Ister