



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS,
FÍSICAS Y QUÍMICAS



CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA - INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de

Ingeniero Eléctrico – Ingeniero Mecánico

MODALIDAD: TRABAJO COMUNITARIO

TEMA:

**“MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y
TRIFÁSICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
MANABÍ, COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
ELÉCTRICOS”**

AUTORES: ALAVA BRAVO RAÚL JAVIER
DEMERA MENDOZA JOSÉ DANIEL

TUTOR: Ing. Guillermo Loor Castillo

REVISOR: Ing. Julio Mera Macías

Portoviejo, 2017

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado a mi madre quien es la base indispensable para mi crecimiento como persona y como profesional, a mi hijo y a mis familiares más cercanos con quienes he compartido la alegría de vivir, a quienes supieron apoyar mis decisiones en el transcurso de toda mi vida y de aquellos con quienes me enseñaron los valores de responsabilidad, paciencia, superación y respeto para alcanzar todos mis objetivos.

ALAVA BRAVO RAÚL JAVIER

Autor

Quiero dedicar el presente primeramente a Dios y con todo cariño a mis padres y a mi familia, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una buena persona, pero más que nada, por su amor

DEMERA MENDOZA JOSÉ DANIEL

Autor

Agradecimiento

Agradezco a mis docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica, a mi tutor, a mi revisor y demás autoridades administrativas de la universidad, quienes me brindaron sus sabios conocimientos y asesoría con mucha dedicación y paciencia para poder realizar la presente investigación.

Alava Bravo Raúl Javier

Autor

Yo agradezco a mis profesores por brindarme la ayuda necesaria para alcanzar mis metas.

Demera Mendoza José Daniel

Autor

Certificación del Tutor de Trabajo de Titulación

CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente señor Ing. Guillermo Loor Castillo, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación **"MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS"** desarrollada por los profesionistas: Señor Alava Bravo Raúl Javier y Demera Mendoza José Daniel ; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por el profesionista cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente al estudiante en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentó el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó por el revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación el profesionista puso mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Ing. Guillermo Loor Castillo

TUTOR

Informe de revisor del Trabajo de Titulación

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: **"MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS"** desarrollado por los señores, Alava Bravo Raúl Javier con Cédula No. 1721516563 y Demera Mendoza José Daniel con cédula No. 1314485976, previo a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO e INGENIERO ELÉCTRICO respectivamente, bajo la tutoría y control del señor Ing. Guillermo Loor Castillo, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores: Ha respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.

- Ha aplicado correctamente el manual de estilo de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento NO VINCULANTE para los fines legales pertinentes.

Ing. Julio Mera Macías

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Summary

A preventive maintenance is vital in every industry and institution for the safety and correct functioning and operation carried out in this entity. The titling work presents the results of a set of activities carried out within the framework of the community intervention, through which technical solutions were applied that allowed to re-establish the correct functioning of three single-phase transformers and three three-phase transformers in the facilities of the University Technique of Manabí. Chapter 1 discusses the subject; The formulation and formulation of the problem is carried out; The description of the reality treated as well as the spatial and temporal delimitation of the investigation. Chapter 2 shows the background and justification of the research; General and specific objectives are established; The theoretical framework with the bibliography respectively cited. Chapter 3 discusses the visualization and scope of the study; The hypothesis; Dependent and independent variables; The level of research; The method used; The techniques used. Chapter 4 presents the development of the concrete research presenting an analysis prior to the maintenance and the development of the same one is presented a proposal of maintenance. Chapter 5 defines and selects the sample; The collection, data analysis and elaboration of the results report, which provides the result of the technical interview and physical-chemical tests carried out on the dielectric oil of each transformer; Data collection, verification of objectives; analysis of data; Interpretation of results together with conclusions and recommendations; results report. Chapter 6 presents the budget table; The timeline assessed; Bibliography consulted and finally the annexes of the work are shown.

Declaración sobre derechos de autores

Quienes firmamos la presente, profesionistas; ALAVA BRAVO RAÚL JAVIER y DEMERA MENDOZA JOSÉ DANIEL, en calidad de autores del trabajo de titulación realizada sobre **"MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS"** por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios netamente personales y asumimos con responsabilidad la descripción de las mismas

ALAVA BRAVO RAÚL JAVIER
AUTOR

DEMERA MENDOZA JOSÉ DANIEL
AUTOR

Índice

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Certificación del Tutor de Trabajo de Titulación	III
Informe de revisor del Trabajo de Titulación	IV
Summary	V
Declaración sobre derechos de autores.....	VI
Índice	VII
Resumen.....	IX
CAPÍTULO PRIMERO	1
1.1. Tema:.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.2.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2.2. Formulación del problema	2
1.3. Delimitación de la investigación.....	2
1.3.1. Espacial	2
1.3.2. Temporal	2
CAPÍTULO SEGUNDO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Justificación	3
2.3. Objetivos	4
2.3.1. Objetivo general	4
2.3.2. Objetivos específicos	4
2.4. Marco Teórico	4
2.4.1. El transformador eléctrico.....	4
2.4.2. Reseña histórica del transformador	4
2.4.3. El transformador ideal.....	5
2.4.4. Relación de transformación	5
2.4.5. Transformadores Monofásicos.....	5
2.4.6. Transformadores trifásicos.....	6
2.4.7. Partes constitutivas de un transformador	8
2.4.8. Mantenimiento y su importancia.....	9
2.4.9. El riesgo eléctrico	11
2.4.10. Normativa para pruebas en transformadores.....	12
2.4.11. Principales causas de fallas en los transformadores.....	13

2.4.12.	Temperatura límite.....	14
2.4.13.	Factores perjudiciales para el sistema de aislamiento del transformador	14
2.4.14.	La medición del aislamiento	15
2.4.15.	Bifenilos Policlorados (PCB's)	15
2.4.16.	Ensayos aplicados al transformador.....	16
CAPÍTULO TERCERO		17
3.1.	Visualización del alcance del estudio	17
3.2.	Hipótesis y definición de variables	17
3.2.1.	Hipótesis	17
3.1.1.	Variable dependiente	17
3.1.2.	Variable independiente	17
3.1.3.	Comprobación de la hipótesis	17
3.3.	Nivel de investigación.....	18
3.4.	Método.....	18
3.5.	Técnicas	18
CAPÍTULO CUARTO		19
4.1.	Desarrollo de la Investigación	19
4.1.1.	Diagnóstico de los transformadores previo al mantenimiento	19
4.1.2.	Implementación y desarrollo del mantenimiento a los transformadores	27
4.2.	Propuesta	32
CAPÍTULO QUINTO		33
5.1.	Definición y selección de la muestra	33
5.1.1.	Población y muestra	33
5.2.	Recolección de Datos	33
5.2.1.	Verificación de los objetivos.....	33
5.3.	Análisis de los datos	34
5.4.	Interpretación de los resultados	34
5.5.	Elaboración de reporte de resultados.....	35
5.5.1.	Conclusión	35
5.5.2.	Recomendaciones	35
Capitulo sexto.....		37
6.1.	Cuadro de Presupuesto	37
6.2.	Cronograma valorado.....	37
Bibliografía.....		39

Resumen

Durante mucho tiempo el mantenimiento que se realiza a los transformadores se ha regido principalmente por la determinación de la resistencia del aislante junto con la rigidez dieléctrica de su aceite dieléctrico. Aun así las pruebas como el factor de potencia del aislamiento, contenido de humedad, tensión entre fases, acidez, entre otras, son de mucha importancia para obtener un diagnóstico más preciso del estado del transformador eléctrico.

Actualmente una correcta transferencia de energía eléctrica de un lugar a otro representa un factor muy importante para el desempeño de las industrias e instituciones es por esto que un adecuado mantenimiento a los transformadores eléctricos que hacen posible esta tarea es indispensable ya que se prolongaría la vida útil de estas máquinas eléctricas además de asegurar un correcto desempeño de los equipos y la reducción del riesgo eléctrico que se podría presentar los equipos sin mantenimiento. En esta investigación se implementan y ejecutan mantenimientos correctivos y preventivos basados en los principios del mantenimiento que se emplean en las industrias, y apegada a normas ASTM para el análisis físico-químico del aceite dieléctrico a seis transformadores eléctricos de distribución que son propiedad de la Universidad Técnica de Manabí a demás se presenta una propuesta para aumentar la eficiencia energética y mejorar el mantenimiento en transformadores trifásicos.

CAPÍTULO PRIMERO

1.1.Tema:

“MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS”.

1.2.Planteamiento del problema

Para garantizar un correcto funcionamiento en los transformadores de distribución y disminuir el riesgo eléctrico en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí, es de vital importancia que se realice un mantenimiento a estos equipos eléctricos ya que con el pasar del tiempo y por diferentes eventualidades, varios de estos transformadores han resultado afectados.

En esta investigación se realizarán los respectivos análisis para determinar cuáles son los transformadores de distribución con más necesidad de un mantenimiento, así como el estado en el que se encuentran y la metodología del mantenimiento a aplicar con el objetivo de que se corrijan los diferentes defectos que presentan estos equipos prolongando su vida útil y reduciendo el riesgo eléctrico.

1.2.1. Descripción de la realidad problemática

En la Universidad Técnica de Manabí se presenta la problemática de transformadores que están fuera de funcionamiento necesitando estos un mantenimiento correctivo además de otros transformadores que necesitan un mantenimiento preventivo. Tal es la situación de dos transformadores monofásicos de 75 KVA y un trifásico de 100 KVA los cuales presentan bobinado quemado y otros equipos que necesitan un mantenimiento preventivo como es el cambio de aceite, cambio de cauchos, y conectores de salida. Los transformadores de 75 KVA corresponden a un banco de transformadores monofásicos que funcionaban en la Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Técnica de Manabí, cubriendo una demanda de 225 KV los mismos que resultaron afectados por el fenómeno sísmico de magnitud 7,8 grados en la escala de Richter, ocurrido el pasado 16 de Abril del 2016, dejando gran afectación en las edificaciones de la entidad educativa. Con estos hechos ocurridos en ese periodo de tiempo, el riesgo eléctrico aumentó considerablemente por causa de caídas de transformadores, líneas de cableado eléctrico y cajas de distribución destruidas, entre muchos más perjuicios estructurales.

1.2.2. Formulación del problema

¿El mantenimiento a los transformadores monofásicos y trifásicos de la Universidad Técnica de Manabí, incide en la reducción del riesgo eléctrico?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Espacial

La investigación se desarrollará en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí.

1.3.2. Temporal

El tiempo de desarrollo de la presente investigación está comprendido entre el 2016 y 2017.

CAPÍTULO SEGUNDO

2.1. Antecedentes

Con el transcurrir de tiempo el mantenimiento industrial ha estado evolucionando independientemente del sector que nos encontremos sea este empresarial, energético o social. Con el pasar de los años el mantenimiento se ha ido adaptando, mejorando y desarrollando con métodos y técnicas que facilitan su ejecución proporcionando seguridad, eficiencia energética y ahorro económico para las instituciones. Un adecuado mantenimiento es esencial en el actual contexto socio-económico actual, ya que con esto se mejora la seguridad y eficiencia de los equipos.

La Universidad Técnica de Manabí al irse adaptando a las situaciones actuales, requiere de la aplicación de un mantenimiento a los equipos de distribución eléctrica que presentan deficiencias en su funcionamiento ya que así se reduce considerablemente el riesgo eléctricos y la aplicación de mantenimientos correctivos que muchas veces resultan perjudiciales y más costosos y en el peor de los casos podría costar un daño permanente al equipo.

2.2. Justificación

Como se menciona en la descripción del problema un banco de transformadores monofásicos que funcionaban en la facultad de Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Técnica de Manabí resultaron afectados con el terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016; estos transformadores necesitan un mantenimiento correctivo para que puedan ser reincorporados al sistema eléctrico de la universidad.

Los transformadores monofásicos y trifásicos montados en las Instalaciones de la institución educativa han brindado un servicio de distribución de energía eléctrica durante mucho tiempo, debido a esto, un mantenimiento a estos equipos es fundamental, ya que así se pretende prolongar el periodo de vida útil de los transformadores y reducir el riesgo eléctrico que en estos aparatos se podrían suscitar. Cabe destacar que este mantenimiento representa un ahorro de energía y de dinero a largo plazo para la institución ya que remplazar con un transformador nuevo resultaría más costoso, que aplicar un mantenimiento preventivo.

Debido a esto con la adecuada mantenibilidad a los distintos tipos de transformadores es posible evaluar el desempeño de estos equipos y llevar un seguimiento del mismo y anticipando eventos perjudiciales y posibles de evitar.

2.3.Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Realizar un mantenimiento a los transformadores monofásicos y trifásicos montados en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí para minimizar riesgos eléctricos.

2.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado de los transformadores monofásicos y trifásicos de la Universidad Técnica de Manabí.
- Ejecutar el mantenimiento preventivo y predictivo a cada uno de los transformadores según el caso requerido.
- Entregar los transformadores con el respectivo mantenimiento en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí.
- Proponer la implementación de sistemas de distribución tipo pedestal en transformadores trifásicos.

2.4.Marco Teórico

2.4.1. El transformador eléctrico

Actualmente es necesario transportar grandes cantidades de flujo eléctrico desde las centrales de generación hacia los diferentes centros finales de consumo pero esto no sería posible sin los transformadores ya que al existir una enorme de distancia entre las fuentes de distribución y las fuentes de consumo se producen grandes caídas de voltaje, este problema es mermado mediante el empleo de los transformadores los cuales estabilizan las caídas de voltajes manteniendo un nivel óptimo de energía. Un transformador es una maquina eléctrica carente de partes móviles, y mediante la cual se transfiere la electricidad de un circuito a otro bajo el principio de la inducción electromagnética, convirtiendo la corriente alterna de un nivel de voltaje de entrada en corriente alterna con la misma frecuencia pero con diferente nivel de voltaje a la salida.¹

2.4.2. Reseña histórica del transformador

Corría el año de 1831 y Michael Faraday se disponía a realizar experimentos y para esto construyo un sistema eléctrico con dos bobinas envueltas una sobre la otra. Observo que al variar la corriente eléctrica que circulaba por una de las bobinas variaba también el flujo

¹ (wikipedia 2017).Definición de transformador. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

magnético en la segunda. Justo en ese momento, Faraday había descubierto el principio de inducción electromagnética. Pero el transformador como tal aun no haría su aparición en el mundo hasta el año de 1884; pasaron más 50 años para que los ingenieros húngaros Zipernowsky, Bláthy y Deri construyeran el modelo “ZBD” de transformador además de descubrir la fórmula matemática que representaba la relación de transformación. Cuando el invento fue patentado apareció por vez primera la palabra transformador.²

2.4.3. El transformador ideal

Un transformador ideal es una maquina eléctrica que no tiene perdidas de energía de ningún tipo y trasforma los valores de tensión y corriente eléctrica del devanado de entrada o primario al devanado de salida o secundario, pero manteniendo la misma frecuencia inicial.³

2.4.4. Relación de transformación

Esta relación indica el incremento o decremento que se efectúa en el valor del voltaje de la salida respecto al valor de voltaje de la entrada.⁴

La relación de transformación calculada a partir del número de vueltas del devanado secundario y primario viene dada por.

$$V_p/V_s=N_p/N_s$$

Dónde: (**Vs**) es la tensión en el secundario y (**Ns**) es el número de espiras en el secundario, (**Vp**) y (**Np**) se corresponden al primario.

2.4.5. Transformadores Monofásicos

Un transformador eléctrico monofásico es aquel que se conecta a una fase y un neutro, y está conformado por dos devanados de alambre compuesto generalmente por cobre y recubierto por una pequeña capa de barniz aislante el cual va enrollado alrededor de un núcleo de acero eléctrico o también llamado acero al silicio.

Generalmente se representa el lado de alta con H1 y H2 y el lado de baja con X1 y X2 como se muestra en la figura 1. El diámetro del hilo de cobre está definido por el flujo de electricidad máximo que deberá soportar el transformador sin llegar quemarse cuando se le aplique carga. Se pueden encontrar también un tipo distinto de transformador monofásico de diferente construcción llamados autotransformadores, el cual se

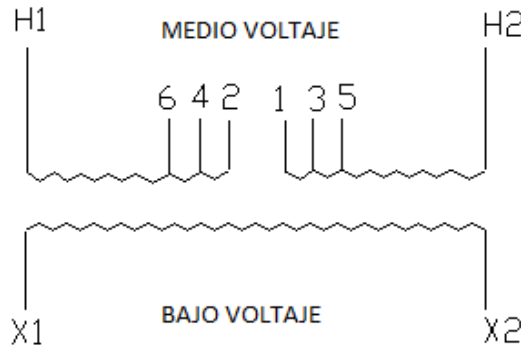
² (wordpress.com 2013). Historia del transformador eléctrico. Disponible en: <https://transformadoreselectricos.wordpress.com/2013/05/07el-transformador-electrico-su-historia/>

³ (Chapman 2000). Maquinas eléctricas. British Aerospace Australia. Tercera edición. pag63-64

conforma por un solo devanado dispuesto sobre un núcleo simple de acero eléctrico.⁵

Fig.1

Diagrama de devanados



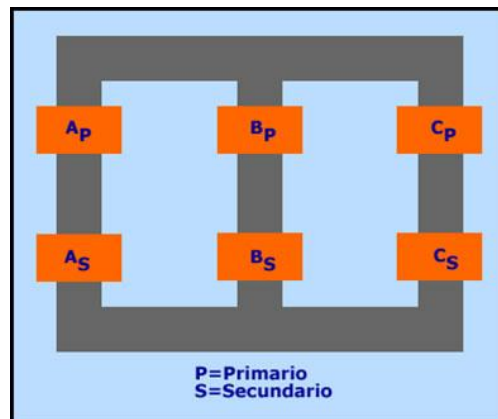
FUENTE: Transformadores de distribución, Ing. Avelino Pedro

2.4.6. Transformadores trifásicos

Por lo general el núcleo en los transformadores trifásicos está conformado en tres columnas, como se aprecia en la figura 2. Este núcleo cuenta con el yugo y las tres columnas de igual sección y sobre cada una de ellas van colocados los arrollamientos de una misma fase, estando el bobinado de mayor tensión en la parte exterior para facilitar su aislación.⁶

Fig.2

Devanado trifásico



Fuente: www.nichese.com

Estos transformadores se conectan a tres fases y el núcleo de tres columnas minimiza las pérdidas en el hierro además de emplear menor cantidad de chapa magnética, razón por la cual son muy utilizados ya que representan una gran opción a la hora de ampliar las ventajas

⁵ (asifunciona.com 2015). Transformado monofásico. Obtenido de:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_trafo_mono/ke_trafo_mono_2.htm

⁶ (Lemozy s.f.) Transformado trifásico.

en costos, tamaño y disponibilidad de transformación de energía eléctrica.⁷

Pérdidas del Transformador

Ninguna máquina real funciona sin producir pérdidas de potencia, bien sea dinámica o estática siendo las pérdidas en las máquinas estáticas muy pequeñas en relación a las máquinas dinámicas. En un transformador eléctrico al ser una máquina estática produce las siguientes pérdidas:⁸

- Pérdidas magnéticas por corrientes de Foucault
- Pérdidas en el cobre
- Histéresis Magnética

Pérdidas por corrientes de Foucault

Estas pérdidas se producen debido a las corrientes parásitas que son inducidas sobre el material ferromagnético, como consecuencia de estar sometido a un campo magnético que varía con el paso del tiempo. Estas pérdidas son nulas si el material magnético es un aislante, como lo es por ejemplo las ferritas.⁹

Histéresis Magnética

La histéresis magnética es producida al someter el núcleo a un campo magnético que crece, los imanes giran para orientarse según el sentido del campo. Si el valor de estas pérdidas es elevado, podría ser perjudicial para el núcleo ya que dichas pérdidas producidas por la histéresis magnética representan un gasto de energía que es transformada en forma de calor en estos núcleos magnéticos. Con el fin de reducir al máximo estas pérdidas, los núcleos se construyen de materiales magnéticos de características especiales como es el caso del acero al silicio.¹⁰

⁷ (repositorio.utc.edu.ec s.f.). Transformadores trifásicos. Consultado el 2 de febrero del 2017. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/868/1/T-UTC-0622.pdf>

⁸ (www.educativa.catedu.es s.f.) pérdidas del transformador. http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/135_prdidas_en_un_transfo_rmador.html

⁹ (www.uco.es s.f.) http://www.uco.es/grupos/giie/cirweb/teoria/tema_11/tema_11_18.pdf

¹⁰ (www.monografias.com s.f.) <http://www.monografias.com/trabajos82/perdidas-transformador-monofasico/perdidas-transformador-monofasico.shtml#ixzz4n7fL1MVH>

Pérdidas en el cobre

Estas pérdidas son el resultado de la suma de las potencias pérdidas en los devanados del transformador ya que resultan a la disipación de calor que son producidas en los bobinados. El valor de estas potencias perdidas depende del cuadrado de las intensidades de corriente de carga y a la resistencia de los devanados, la cual tiende a variar mucho desde su funcionamiento en vacío y a su funcionamiento a plena carga.

2.4.7. Partes constitutivas de un transformador

Todo transformador eléctrico está construido por diferentes elementos que actúan en conjunto para lograr la transformación correcta y eficiente de energía eléctrica como son los conectores de alta y de baja, taps, devanados, aceite refrigerante, entre otros, los cuales están agrupados en cuatro grupos: ¹¹

- Circuito magnético
- Circuito eléctrico
- Sistema de aislamiento
- Tanques y accesorios

Circuito magnético

Se le llama circuito magnético a un tipo de circuito en donde las líneas de fuerza del campo magnético se encuentran canalizadas trazando una trayectoria cerrada. Para la fabricación de este circuito se utilizan materiales ferromagnéticos, ya que éstos tienen una permeabilidad magnética más elevada que el espacio vacío o el aire y por esto el campo magnético tiende a encerrarse dentro del material, llamado núcleo. El llamado acero eléctrico o acero al silicio es una aleación con una permeabilidad magnética es muy elevada, siendo el motivo por el cual es muy apropiado para la elaboración de núcleos magnéticos para transformadores eléctricos.¹²

Circuito eléctrico

El circuito eléctrico está conformado por los bobinados (primario y secundario), los cuales son realizados sobre horma y cubiertos de cinta aislante, tratados al vacío, impregnados de barniz aislante y cocido. La labor que desempeña cada uno de los bobinados, da paso al

¹¹ (Pedro s.f.). Transformadores de Distribución Teoría, Cálculo, Construcción y Pruebas, Tercera edición. Pág. 12-13.

¹² ([www.es.wikipedia.org s.f.](https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_magn%C3%A9tico))https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_magn%C3%A9tico

funcionamiento del transformador y esto es posible con el uso de la corriente alterna ya que se reduce o se aumentan los valores de voltaje pero manteniendo la misma frecuencia.¹³

Sistema de aislamiento

Este sistema tiene como función principal aislar los devanados entre si y a tierra, es debido a esto que el sistema de aislamiento requiere de ciertas cualidades como por ejemplo:

- Cualidad para soportar voltajes muy elevados.
- Cualidad para soportar esfuerzos térmicos y mecánicos.
- Cualidad para prevenir acumulaciones excesivamente altas de calor.

Los materiales con los que se fabrican este sistema por lo general son cartón prensado, papel kraft normal o tratado, papel manila y corrugado, cartón prensado de alta densidad, collares de cartón prensado y aislamientos finales, esmaltes y barnices, recubrimientos orgánicos, porcelanas, entre otras.¹⁴

Tanques y accesorios

Estos accesorios pueden ser los bushing y los dispositivos de protección. Los transformadores que emplean refrigeración por líquido deben tener necesariamente sus núcleos y devanados inmersos en tanques, los cuales mantendrán al transformador a una temperatura de menos 5 °C a una máxima de 105 °C.¹⁵

2.4.8. Mantenimiento y su importancia

La utilización de algún dispositivo, maquina o medio tecnológico genera distintos Desgastes y Fallas, perdiéndose progresivamente el rendimiento y las características que tenían sus condiciones en el tiempo en que son considerados nuevos, debido a esto con el pasar del tiempo es indispensable un recambio, siendo posible prolongarlo en un período de tiempo mayor si se tienen todos los cuidados que se necesitan. El mantenimiento y su realización radica básicamente en una función preventiva, evitándose que sean desgastadas las piezas y partes que son esenciales para el funcionamiento de un determinado equipo, o bien haciendo que su utilidad se prolongue más tiempo, incrementándose su vida útil y que un equipo pueda ser utilizado el mayor tiempo posible sin necesidad de ser cambiado por

¹³ (Pedro s.f.). Transformadores de Distribución Teoría, Cálculo, Construcción y Pruebas, Tercera edición.

¹⁴ (P. s.f.). Cevallos A. Juan P., Diseño de un laboratorio de pruebas para transformadores de distribución para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.-Loja, Pág. 13.

¹⁵ (Pedro s.f.)

considerarse defectuoso.¹⁶

Clasificación del mantenimiento

El mantenimiento dentro del campo industrial ha sufrido una evolución importante impulsada en gran medida por el desarrollo tecnológico de los equipos de control y medida. El mantenimiento industrial se lo clasifica en cuatro categorías como son:¹⁷

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento proactivo

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un conjunto de técnicas que se van dirigidas a disminuir o evitar las reparaciones con el fin de asegurar su total disponibilidad y rendimiento con el mayor ahorro posible. Para ser llevada a cabo esta práctica son necesarias las rutinas de inspección y renovación de elementos que se encuentren en mal estado y deteriorados.

Las inspecciones son los procesos en donde se procede al desmontaje parcial o total del equipo con el objetivo de revisar el estado en el que se encuentran sus elementos. Los elementos que no cumplan con los requisitos mínimos de funcionamiento del equipo serán reemplazados durante la inspección. Los elementos también pueden ser sustituidos tomando como referencia su vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su riesgo de fallo.¹⁸

Mantenimiento predictivo

Está compuesto por el conjunto de tareas que se enfocan en conocer e informar de forma permanente de la operatividad y del estado de las instalaciones a través del conocimiento de los valores de determinadas variables, que representan de tal estado y operatividad. Para llevar a cabo este tipo de tareas de mantenimiento, se necesita identificar variables físico-químicas (rigidez dieléctrica, temperatura, humedad, gasto de energía, etc.) cuya variación indica los distintos problemas que puedan estar sucediendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y a veces de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.¹⁹

¹⁶ (www.importancia.org s.f.) <https://www.importancia.org/mantenimiento.php>

¹⁷ (www.sinais.es s.f.) http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html

¹⁸ (www.atmosferis.com s.f.) <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>

¹⁹ (www.renovetec.com s.f.) <http://www.renovetec.com/671-tipos-de-mantenimiento>

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realiza con el objetivo de reparar inmediatamente los defectos que se presenten en los equipos y maquinarias de manera imprevista ya que este mantenimiento puede ser realizado sin una planificación previa. Esta es la manera más básica de brindar mantenimiento debido a que se basa simplemente en localizar, corregir o reparar las fallas o desperfectos que impidan que la máquina realice su función de manera normal.²⁰

Mantenimiento proactivo

Como complemento a la evolución del mantenimiento predictivo se desarrolla en mantenimiento proactivo el cual enmarca estos dos tipos de mantenimiento elevándolos a otra dimensión la cual es el análisis de las causas de los desperfectos. El mantenimiento predictivo brinda información de si algún elemento de la máquina puede fallar, pero no estudia la causa raíz del fallo es decir que no responde a la causa por la que se genera un fallo frecuentemente aunque si nos indique cuando puede fallar y es precisamente ahí donde el mantenimiento proactivo analiza la causa y frecuencia con que se produce la avería y resolviendo aspectos técnicos de las mismas.²¹

2.4.9. El riesgo eléctrico

Al llevar acabo cualquier tarea que implique manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media o alta tensión, operaciones de mantenimiento de las mismas, utilización, manipulación y reparación de equipos eléctricos, etc. Se encuentra presente el riesgo eléctrico. Dentro del riesgo eléctrico quedan específicamente incluidos²²:

- Electrocución: es la posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
- Quemaduras producidas por choque o arco eléctrico.
- Caídas o golpes generados por arco eléctrico.
- Explosiones o incendios producidos por la energía eléctrica.

El tránsito de altas cantidades de corriente eléctrica a través del cuerpo de una persona puede llegar a producir distintas lesiones que van desde quemaduras leves hasta la fibrilación ventricular y la muerte.

²⁰ (www.significados.com s.f.) <https://www.significados.com/mantenimiento-correctivo/>

²¹ (www.sinais.es/Recursos s.f.)http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html

²² UPM. (2014). Riesgo eléctrico bajo control. Universidad Politécnica de Madrid.

2.4.10. Normativa para pruebas en transformadores

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 2111:2004 en su primera revisión en la sección de transformadores de distribución y pruebas eléctricas recomienda realizar la prueba de aislamiento con MEGGER para transformadores de distribución y las disposiciones generales son las siguientes:²³

- Las pruebas a los transformadores pueden realizarse a cualquier temperatura ambiente que se encuentre comprendida entre 10°C y 40°C y a aquellos con enfriamiento por agua (si se requiere) a cualquier temperatura que no sobrepase los 25°C.
- Todos los accesorios y componentes externos que tengan potencial afectación en el funcionamiento del transformador deben estar colocados en su lugar.

Conexiones

Las conexiones de los devanados a los bushing primarios y de las derivaciones al conductor deben ser elaboradas con conductores que sean flexibles, así mismo las derivaciones del conmutador saliendo de los devanados deben ser aislados con material que no contaminen al aceite aislante. Las conexiones en su totalidad deben ser elaboradas en soldadura, incluidas también las del conmutador. La conexión del neutro (H2T) en transformadores monofásicos debe ser conectado a través de un dispositivo de desconexión en el tanque, de manera que se consiga una conexión eléctrica y mecánica muy confiable durante toda la vida útil del transformador.²⁴

Empaquetadura y hermeticidad

Los empaques deben estar compuestos de un material elastómero a prueba de aceite mineral aislante y que resista una temperatura de 150°, que soporte la acción de los rayos del sol y la humedad. Las empaquetaduras utilizadas en las tapas del tanque y de inspección deben tener dureza shore (65 +-5). Las empaquetaduras juntas deben ser alojadas en unas pestañas apropiadas para evitar desplazamiento de la misma y no deben sufrir esfuerzo de corte.²⁵

Procedimiento para extracción de muestras de líquido aislante

El procedimiento de tomar muestras para realizar el análisis del líquido aislante en el

²³ (repositorio.utc.edu.ec s.f.). Transformadores trifásicos. Consultado el 2 de febrero del 2017. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/868/1/T-UTC-0622.pdf>

²⁴ (Cooperativa Rural de Electrificación 2016)

²⁵ (Cooperativa Rural de Electrificación 2016)

laboratorio, necesita de mucho cuidado con el propósito de asegurar que la muestra corresponda fielmente a los valores del aceite que se está muestreando. Mantener un proceso impecable para lograr ser exitoso en los resultados finales. Antes de drenar líquido del transformador, hay que identificar muy claramente qué clase de líquido aislante es usado por el equipo. Generalmente se emplea aceite mineral no contaminado con PCB, ó silicona, aun así existen otros líquidos no contaminantes de origen sintético que se encuentran disponibles en el mercado como medio refrigerante y aislante.²⁶

Muestras en botellas para análisis físico-químico

Los envases a ser utilizados son envases de vidrio traslucido ó color ámbar (en concordancia con las norma COVENIN 3256) .Estos envases deben lavarse con un disolvente, luego se aplica ácido sulfúrico, luego se enjuaga copiosamente con agua, luego con agua destilada desionizada hasta obtener reacción neutra del agua.²⁷

2.4.11. Principales causas de fallas en los transformadores

El tiempo que lleva en funcionamiento el transformador es un factor importante que hay que tener en cuenta a la hora de evaluar el riesgo de falla. Cuando el transformador es nuevo se puede estimar una vida media de unos 40 años, aun así también es normal que bajo condiciones mucho más elevadas de cargas y temperatura, se reduzca la vida media. Dentro de las fallas más destacadas tenemos:²⁸

- Pérdida de su aislamiento interno
- Descargas parciales
- Sobrecargas
- Sobre calentamiento del aceite
- Sobre-tensiones y descargas atmosféricas
- Deficiencias en protecciones internas del transformador
- Deficiencias en cambiadores de taps
- Daños en conductores por presencia de gases corrosivos

²⁶ (Fonseca s.f.) Ensayos al Aceite Dieléctrico... Diagnósticos

²⁷ (Fonseca s.f.) Ensayos al Aceite Dieléctrico... Diagnósticos

²⁸ (www.lea-global.com s.f.)http://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/4_riesgo_en_transformadores.pdf

2.4.12. Temperatura límite

La temperatura máxima a la que una máquina puede llegar está definida por el tipo de material que se use como aislante, ya que si se sobrepasa la temperatura de trabajo del aislante, este empieza a degradarse y pierde sus propiedades aislantes y en consecuencia se acorta la vida útil, o bien se destruye si la temperatura toma un valor muy alto. La norma IRAM 2180, indica los límites de temperatura de los distintos aislantes eléctricos que se emplean en la práctica.²⁹

Sobrecarga

Las máquinas que se construyen para brindar un servicio continuo, pueden suministrar durante un tiempo determinado, una potencia mayor a la nominal sin perjudicarla, dependiendo dicho lapso, de las condiciones en que se esté trabajando previo a realizar la sobrecarga (Plena potencia, media potencia, vacío, etc.). El lapso mencionado es tal que la máquina no llegue a superar su temperatura admisible. Dado que en esta situación las pérdidas son superiores, el tiempo para alcanzar la temperatura límite es inferior al que tardaría la máquina en condiciones nominales.³⁰

2.4.13. Factores perjudiciales para el sistema de aislamiento del transformador

El sistema de aislamiento el cual puede ser de aceite o papel, es el componente de más importancia el cual debe ser muy bien cuidado. Existen cuatro principales factores que son perjudiciales para el sistema de aislamiento de transformadores refrigerados por aceite, como son la humedad, el oxígeno, el calor y la contaminación extrema. La humedad en el interior del transformador puede presentarse como una emulsión agua/aceite, de forma disuelta, en lo profundo del tanque en estado libre y en el fondo del tanque en forma de hielo (el hielo puede flotar si la gravedad específica del aceite es superior a 0.9) la variación en las propiedades aislantes del aceite producida por la humedad, depende de la forma en la que esta se encuentre. Es notable la reducción de la rigidez dieléctrica del aceite debido a una pequeña cantidad de agua en forma de emulsión agua /aceite. Otro factor perjudicial del aislamiento del transformador es el oxígeno que al reaccionar con el aceite puede formar agua, lodos y

²⁹ (www4.frba.utn.edu.ar s.f.)

[https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_6_Perdidas_y_calentamiento.p](https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_6_Perdidas_y_calentamiento.pdf)
df

³⁰ (www4.frba.utn.edu.ar s.f.)

https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_6_Perdidas_y_calentamiento.p
df

ácidos orgánicos.³¹

2.4.14. La medición del aislamiento

El conjunto de instalaciones y equipos eléctricos respeta unas características de aislamiento para permitir su funcionamiento con toda seguridad. El aislamiento de los conductores eléctricos se lleva a cabo mediante la utilización de materiales que presentan una alta resistencia eléctrica para limitar al máximo la circulación de corrientes fuera de los conductores sean estos a nivel de los cables de conexión de los dispositivos de seccionamiento y de protección o a nivel de los motores y generadores,.

La calidad de estos aislamientos se ve alterada al cabo de los años por las exigencias a las que se someten los equipos. Esta alteración produce una disminución de la resistividad eléctrica de los aislantes que a su vez generan un aumento de las corrientes de fuga que pueden provocar incidentes cuya gravedad puede tener consecuencias serias tanto para la seguridad de personas y bienes como en los costes por paradas de producción en la industria.³²

2.4.15. Bifenilos Policlorados (PCB's)

Esta sustancia es uno de los mejores fluidos aislantes por sus excelentes características dieléctricas, térmicas y de estabilidad química, sin embargo es muy cancerígena y en consecuencia es peligrosa para la salud humana y el medio ambiente, razón por la cual hoy en día su uso está prohibido por las autoridades ambientales internacionales. La norma para medición de PCB's es la ASTM D4059. Para verificar si un equipo posee PCB's se ejecutan en un primer lugar, pruebas cualitativas de contenidos mismas que se pueden ejecutar a través de kits desarrollados y que arrojan como resultado márgenes de posible contenido de cloruros. Se considera que un aceite no está contaminado con PCB's cuando no supera la concentración de 50 ppm de cloruros. Si un aceite posee una concentración mayor a las 10.000 ppm (partes por millón), se dice que ya posee askareles.³³

En caso de salir positivo (más de 50 ppm) se recomienda ejecutar la prueba cuantitativa en un cromatógrafo de gases equipado con columnas y detectores apropiados para la identificación mas exacta en ppm de los PCB's, siendo una prueba esencial para caracterizar la contaminación del aceite de un transformador según NORMA ASTM D- 4059.

³¹ (Foresteiri 2004) Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia

³² (chauvin arnoux group s.f.) www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/D00VEC38.PDF

³³ (trans equipos 2017) <http://www.transequipos.com/servicios/diagnostico-de-laboratorio/cromatografia-de-pcbs.html>

Cuando en el resultado CUANTITATIVO se observan contenidos entre 50 y 500 partes por millón ($>50 <500$), se determina que el transformador contiene niveles considerables de PCB's y debe ser intervenido por medio de un RETROLLENADO, con el fin de disminuir niveles por debajo de las 50 partes por millón de PCB's.

2.4.16. Ensayos aplicados al transformador

Existen dos ensayos normalizados que permiten obtener las caídas de tensión, pérdidas y parámetros del circuito equivalente del transformador como son el ensayo en vacío y ensayo en corto circuito. En los dos ensayos se miden tensiones, corrientes y potencias. A partir del resultado de las mediciones es posible estimar las pérdidas y reconstruir el circuito equivalente con todos sus elementos³⁴

Ensayo en vacío

El ensayo en vacío proporciona los valores directos de la potencia perdida en el hierro, mediante las medidas de tensión, intensidad y potencia en el bobinado primario, con el bobinado secundario abierto. Por lo tanto, este devanado no es recorrido por ninguna intensidad, y no se tendrán en cuenta los ínfimos valores de las pérdidas en el cobre para este ensayo.³⁵

Ensayo en cortocircuito.

Se lleva acabo conectando uno de los bobinados en cortocircuito y aplicando una pequeña tensión al otro bobinado, de manera que por los devanados circule una corriente con una intensidad nominal. La potencia consumida en el ensayo es la necesaria para cubrir las pérdidas de potencia en los devanados a la carga nominal³⁶

³⁴ (www.google.com s.f.)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzoLu1lYXVAhWGSCYKHUYeDAY4ChAWCEkwBQ&url=http%3A%2F%2Fecaths1.s3.amazonaws.com%2Fingsistemasfisica%2F355714902.Trafos_final.pdf&usg=AFQjCNELGeh0QxWxcrrvXAPNEIFwyp1B

³⁵ (www.assets.mheducation.es s.f.) <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>

³⁶ (www.automatismoindustrial.com s.f.) <https://automatismoindustrial.com/1-3-6-5-ensayos-de-vacio-y-de-cortocircuito/>

CAPÍTULO TERCERO

3.1. Visualización del alcance del estudio

Analizando los resultados del mantenimiento se puede decir que el proyecto tiene impactos sociales positivos ya que con el mantenimiento a los transformadores se reduce en gran medida riesgos eléctricos además de los múltiples beneficios de ahorro económico y energético que representa para la Universidad Técnica de Manabí. Esto se traduce en un aumento en la vida útil de los equipos y mayor seguridad tanto para el personal no autorizado como para el personal de mantenimiento de la institución.

3.2. Hipótesis y definición de variables

3.2.1. Hipótesis

El mantenimiento a los transformadores monofásicos y trifásicos de la Universidad Técnica de Manabí causa una prolongación de la vida útil de dichos transformadores y disminuye el riesgo eléctrico.

3.1.1. Variable dependiente

Vida útil de los transformadores

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
La evaluación de la vida útil de cualquier equipo está relacionada con su proceso de envejecimiento debido a que las máquinas eléctricas se deterioran de maneras distintas, de acuerdo con su diseño y propósito.	Tiempo de uso efectivo	- Aceite dieléctrico - Tipo de aislamiento	¿Conoce usted que tipos de aislamientos se usan en el devanado de los transformadores?	Pruebas de campo

3.1.2. Variable independiente

El mantenimiento a los transformadores

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
Los procesos y técnicas llevadas a cabo para el correcto funcionamiento de los transformadores	Mantenimiento Industrial	Tipos de mantenimiento	¿Conoce usted los tipos de mantenimiento?	Entrevista Pruebas de campo

3.1.3. Comprobación de la hipótesis

Con la implementación y ejecución del mantenimiento a los transformadores monofásicos y trifásicos de la Universidad Técnica de Manabí el potencial incremento en la vida útil de los transformadores se demuestra específicamente en el mantenimiento correctivo y preventivo realizado sobre la parte activa de cada uno de los transformadores ya que se mejoró la

capacidad dialéctica en cada devanado con rebobinados (según las necesidades del transformador) baños en aceite caliente y posterior secado además del cambio de aceite dieléctrico mineral efectuado a todos los transformadores y del reemplazo de componentes defectuosos por componentes nuevos con lo cual se amplía considerablemente la vida útil en cada transformador y reduciendo el riesgo eléctrico debido a que se merma todo riesgo potencial que se puede producir en el devanado del transformador.

3.3.Nivel de investigación

El nivel de la investigación corresponde a la investigación de campo, ya que se emplean los conceptos científicos que serán aplicados en la realidad, con el objetivo de darle solución al problema existente.

3.4.Método

El método utilizado en la investigación fue el hipotético-deductivo, ya que fueron puestas en práctica varias funciones como: observación y análisis del fenómeno a estudiar, planteamiento de una hipótesis, verificación de objetivos y comprobación de la hipótesis.

3.5.Técnicas

Entrevista y pruebas de campo.

CAPÍTULO CUARTO

4.1. Desarrollo de la Investigación

4.1.1. Diagnóstico de los transformadores previo al mantenimiento

Los transformadores presentaban muchas fallas que no permitían su correcto funcionamiento por lo que estaban fuera de servicio y para el diagnóstico y la identificación de cada uno de ellos se tomaron como referencia las placas de cada transformador. En el diagnóstico y análisis del estado de los transformadores estos presentan las siguientes deficiencias.

Tabla.1

Deficiencias en transformadores

Transformador	Marca y serie	Deficiencia que presenta
Monofásico de 75 KVA	Cooper #: 9939041766	Bobinado quemado Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas en mal estado
Monofásico de 75 KVA	Cooper #: 9939041767	Bobinado quemado Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas en mal estado
Monofásico de 75 KVA	Cooper #: 9939041766	Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas en mal estado
Trifásico de 100 KVA	Inatra #: 07954323	Bobinado quemado Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas en mal estado.
Trifásico de 100 KVA	Inatra #: 04996181	Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas de en mal estado
Trifásico de 50 KVA	Inatra #: 07854535	Cauchos en mal estado Pirulos en mal estado Pérdida de propiedades dieléctricas en el aceite aislante Conectores de líneas en mal estado

Análisis físico-químico.

La vida útil del transformador depende principalmente del estado del aceite y del papel aislante que conforman los devanados por lo que conocer el estado del aceite dieléctrico es esencial. Al encontrar algún síntoma de lodo en el aceite se procederá a extraer dicho aceite dieléctrico del transformador antes de que este cause algún daño en el bobinado.

Fig.3

Aspecto visual del aceite en mal estado en transformador trifásico Inatra.



Este análisis físico-químico se lo realiza para determinar el estado del aceite dieléctrico con el objetivo de anticipar cualquier condición negativa del aceite dieléctrico y determinar qué tipo de medidas se deben tomar en cuenta en el mantenimiento tomando como base el resultado de dicho análisis y evaluando y comparando las tasas de crecimiento normales y anormales.

A continuación se presenta el análisis físico-químico realizado a cada uno de los seis transformadores el cual se realizó tomando muestras de aceite dieléctrico. En cada informe se detalla las características de cada transformador junto con los resultados del análisis en cada caso individual.

Tabla 2

Análisis físico-químico #1

Identificación de la muestra						
Fabricante		Cooper		Potencia	75 KVA	
Ubicación		Portoviejo		Numero de fases	1	
Tipo de aceite		Mineral Aislante		Serie	9938041766	
Frecuencia		60 Hz		Tensión nominal	Primario:13.2 KV	
					Secundario:120/240 V	
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	< 0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	1,009	± 0,0022
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	31.3	± 2,07
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Mínimo: 30	22,39	± 16,4
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,09	± 0,0003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	51,22	± 1,79

Tabla 3

Análisis físico-químico #2

Identificación de la muestra						
Fabricante	Cooper		Potencia	75 KVA		
Ubicación	Portoviejo		Numero de fase	1		
Tipo de aceite	Mineral Aislante		Serie	9938041765		
Frecuencia	60 Hz	Tensión nominal	Primario:13.2 KV			
			Secundario:120/240 V			
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	> 0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	1,008	± 0,0025
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	31,22	± 1,98
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Máximo: 30	25,81	± 18,3
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,10	± 0,0003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	55,32	± 1,80

Tabla 4

Análisis físico-químico #3

Identificación de la muestra						
Fabricante		Cooper		Potencia	75 KVA	
Ubicación		Portoviejo		Numero de fases	1	
Tipo de aceite		Mineral Aislante		Serie	9938041767	
Frecuencia		60 Hz		Tensión nominal	Primario:13.2 KV	
					Secundario:120/240 KV	
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	>0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	1,067	± 0,0022
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	25,7	± 2,07
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Máximo: 30	27,22	± 16,4
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,08	± 0,003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	56,34	± 1,79

Tabla 5

Análisis físico-químico #4

Identificación de la muestra						
Fabricante	Inatra	Potencia	100 KVA			
Ubicación	Portoviejo	Numero de fases	3			
Tipo de aceite	Mineral Aislante	Serie	04996181			
Frecuencia	60 Hz	Tensión nominal	Primario: 22 / 30 KV			
			Secundario: 450 / 210 V			
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	> 0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	1,022	± 0,0022
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	33,1	± 2,07
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Máximo: 30	29,00	± 16, 4
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,007	± 0,0003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	43,2	± 1,79

Tabla 6

Análisis físico-químico #5

Identificación de la muestra						
Fabricante		Inatra		Potencia	50 KVA	
Ubicación		Portoviejo		Numero de fases	3	
Tipo de aceite		Mineral Aislante		Serie	07854535	
Frecuencia		60 Hz		Tensión nominal		Primario: 22,86 KV
						Secundario: 210 V
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	> 0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	1,0997	± 0,0022
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	26,9	± 2,07
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Máximo: 30	21,04	± 16,4
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,0007	± 0,0003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	36,75	± 1,79

Tabla 7

Análisis físico-químico #6

Identificación de la muestra						
Fabricante		Inatra		Potencia		100 KVA
Ubicación		Portoviejo		Numero de fases		3
Tipo de aceite		Mineral Aislante		Serie		07954323
Frecuencia		60 Hz		Tensión nominal		Primario: 10 / 22 KVA
						Secundario: 440 / 230 V
Resultados						
Ítem	Pruebas Realizadas	Unidades	Método	Parámetros Referenciales	Resultados	Incertidumbre
1	Color	Color ASTM	ASTM Ref.: D-1500	Máximo: 0.5	> 0,5	Cualitativa
2	Examen Visual	-	ASTM Ref.: D-1524	Claro y brillante	Opaco	Cualitativa
3	Gravedad Específica	Adimensional	ASTM Ref.: D-1298	Máximo: 0.9100	0,833	± 0,0022
4	Contenido de agua	µg H2O/g (ppm)	ASTM Ref.: D-1533	Máximo: 25	22,4	± 2,07
5	Rigidez dieléctrica	kV	ASTM Ref.: D-877	Máximo: 30	35,11	± 16,4
6	Numero de acidez	mg KOH/g	ASTM Ref.: D-974	Máximo: 0.0015	0,005	± 0,0003
7	Tensión interracial	mN/m (dinas/cm)	ASTM Ref.: D-971	Mínimo: 40	39,13	± 1,79

Interpretación de los resultados

Según los valores obtenidos en los resultados de las pruebas físico-químicas se define que existen grandes problemas con el aceite dieléctrico en todos los transformadores como altos niveles de humedad, valores máximos de color, gravedad específica y rigidez dieléctrica entre otros factores, por lo que se procederá cambiar el aceite en todos los transformadores además del cambio de piezas obsoletas y rebobinados según el caso lo requiera.

4.1.2. Implementación y desarrollo del mantenimiento a los transformadores

A continuación se detalla el proceso de mantenimiento de manera general aplicado en cada uno de los equipos ya que a todos los transformadores se le realizó el mismo mantenimiento con una ligera excepción de los transformadores con bobinado quemado los cuales se efectuó un mantenimiento correctivo extra, detallado en el apartado de rebobinado.

Traslado

Los transformadores monofásicos y trifásicos que requieren el mantenimiento son embarcados a un vehículo de transporte con ayuda de una grúa y llevados a los talleres de reparación donde son descargados para su respectivo mantenimiento.

Desmantelado.

Como primer paso se desenroscan las abrazaderas y se extraen las tapas de los transformadores para luego vaciar el aceite dieléctrico y almacenarlos en depósitos (véase figura 4).

Una vez que se haya extraído el aceite dieléctrico de las cubas se retiran los sujetadores de las bobinas y se desarmen los conectores de baja tensión junto con el conmutador de tensión con el objetivo de que la parte activa de cada transformador quede libre para la extracción de sus bobinados.

Fig.4

Transformadores trifásicos listos para la extracción del aceite aislante



Baño dieléctrico y secado (para transformadores con devanado en buen estado)

Las bobinas que no presentan quemaduras reciben un baño de aceite dieléctrico con el objetivo de retirar posibles impurezas que se encuentren adheridas para luego ser colocadas en un horno a 85 °C durante 24 horas para extraer la humedad presente en el bobinado.

Luego del proceso de secado con aceite caliente, se realizó el ensayo de medición de punto de rocío, obteniéndose valores de menos de 0.9% en cada transformador. El valor máximo especificado para este transformador es de 1.5%, por lo que los valores obtenidos son aceptables.

Rebobinado (para transformadores con devanado defectuoso)

Se procede a separar el bobinado quemado del núcleo y a renovar el alambre de cobre con el mismo diámetro del bobinado original de cada transformador para los devanados de alta y de baja respectivamente. El nuevo devanado es construido con hilo de cobre el cual es recubierto con vinilo y luego es enrollado sobre papel dieléctrico en una unidad sólida por una máquina de bobinado (véase figura 5) en la cual se ingresa el número de vueltas dependiendo de la intensidad de corriente y relación de transformación para cada uno de los transformadores.

Fig.5

Bobinado de transformador trifásico.



El bobinado es colocado nuevamente en el núcleo de chapa magnética del transformador para luego pasar a recibir un baño de aceite dieléctrico caliente y secado con el objetivo de remover las impurezas que pudieron quedar del proceso de rebobinado, obteniendo los mismos resultados aceptables.

Pintado 1

Los tanques de los transformadores una vez vacíos son lijados, pulidos y reparados de cualquier abolladura que presenten para luego ser pintados en la parte interna con base epoxipoliámida compatible con el aceite mineral aislante y con una espesura de 40 μm (véase figura 6). A la parte externa se le aplica un anticorrosivo de fosfato de zinc a base de epoxipoliámida, con una espesura de 80 μm .

Fig.6

Transformador monofásico en la primera etapa de pintado.



Armado

La parte activa es colocada en el interior de los tanques (ver figura 7) los cuales son parcialmente llenados con aceite dieléctrico con el objetivo de evitar que la humedad del ambiente se introduzca en el bobinado.

Se coloca el conmutador de posiciones y los conectores de baja tensión en el tanque de cada transformador para luego armar las tapas con sus respectivos aisladores procurando colocar correctamente el empaque. Con todos los accesorios en su lugar, el aceite es llenado completamente en el interior de las cubas con la unidad de termovació se realizó alto vacío por 48 horas con el objetivo de prevenir posibles burbujas en el aceite dieléctrico. Para darle un sellado hermético a los transformadores se aplica silicona en el borde interior de la tapa y luego se le coloca el sello final o abrazadera.

Fig.7

Parte activa en el interior del tanque.



Pintado 2

Para el acabado se aplica una capa de pintura color gris con una espesura mínima seca de 60 μm en todo el exterior de los transformadores procurando no pintar las partes de conexión de alta y de baja tensión. Por último se coloca el estampado con las iniciales de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), capacidad del transformador en KVA y señalamientos de conexión X1, X2, H1, etc...

Pruebas de funcionamiento.

Como último paso del mantenimiento a cada transformador se le realizaron pruebas de relación de transformación, factor de potencia, resistencia de aislamiento, resistencia óhmica a los devanados, obteniéndose resultados satisfactorios y dentro de los parámetros normales establecidos en las normas. Adicionalmente, se efectuaron pruebas de descargas parciales en los transformadores para garantizar la inexistencia de partículas metálicas en los devanados, las cuales arrojaron resultados satisfactorios.

Transporte y entrega.

Previo al traslado, los transformadores son embalados y luego embarcados al vehículo de transporte con ayuda de una grúa y siguiendo todas las medidas de seguridad con el objetivo de prevenir posibles golpes o ralladuras. Una vez embarcados y asegurados, los transformadores son trasladados a las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí para su respectiva entrega.

Fig.8

Transformadores trifásicos embalados.



4.2. Propuesta

4.2.1. Instalación de transformadores trifásicos con el método de pedestal o frente muerto para mejoramiento del mantenimiento preventivo.

Los sistemas de distribución tipo pedestal o frente muerto corresponden a un método más seguro en comparación a los sistemas de distribución aéreos ya que no existen partes energizadas expuestas en el compartimiento de alta tensión y cuentan con una distribución subterránea que ofrece mayor seguridad y mantenibilidad a los transformadores ya que es de fácil acceso para el personal de mantenimiento.

Las desventajas como el mayor costo inicial son compensadas con las mayores ventajas como la reducción de riesgo eléctrico debido a que merma las fallas que se pueden presentar por la presencia de lluvias, descargas atmosféricas, vientos y caídas de árboles; fallas que se presentan con el sistema de distribución aéreo y que en muchos casos resultan muy perjudiciales para la institución.

Al ser un sistema de distribución parcialmente aislado del exterior necesita muy poco mantenimiento, requiriendo por lo general inspecciones de piezas únicamente. Los detalles de las inspecciones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla.8

Mantenimiento a transformadores tipo pedestal

Piezas a inspeccionar	Periodo de mantenimiento
Resistencia de aislamiento de devanados	Una vez al año
Contacto de alarmas o disparos	Una vez al año
Rigidez de aceite dieléctrico	Una vez al año
Pintura	Una vez al año
Accesorios externos	Cada seis meses
Relación de transformación	Una vez al año

CAPÍTULO QUINTO

5.1. Definición y selección de la muestra

5.1.1. Población y muestra

Se entrevistó al analista uno de infraestructura física de la Universidad Técnica de Manabí y se observaron el número y el estado de los transformadores además de la observación del análisis físico-químico de aceite dieléctrico realizado a cada transformador.

5.2. Recolección de Datos

5.2.1. Verificación de los objetivos

Objetivo 1: Diagnosticar el estado de los transformadores monofásicos y trifásicos de la Universidad Técnica de Manabí.

Este objetivo se lo pudo verificar con los resultados obtenidos de la entrevista realizada al analista uno de infraestructura física de la Universidad Técnica de Manabí donde nos proporciona información sobre los principales problemas con los transformadores, además del examen físico-químico realizado al aceite dieléctrico de cada transformador donde se muestra el grado de aislamiento, humedad, color gravedad específica entre otros.

Objetivo 2: Ejecutar el mantenimiento preventivo y predictivo a cada uno de los transformadores según el caso requerido.

Este objetivo se comprueba con la realización y desarrollo del mantenimiento a cada transformador en donde el mismo fue ejecutado paso a paso como lo fue el traslado, desmantelado, baño dieléctrico y secado, rebobinado, pintado 1 , armado, pintado 2, pruebas de funcionamiento, transporte y entrega.

Objetivo 3: Entregar los transformadores con el respectivo mantenimiento en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí.

Este objetivo se verifico con la entrega de los transformadores una vez realizado el mantenimiento, en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí siguiendo todas las medidas de seguridad estando listos para la puesta entrar en funcionamiento cuando la institución lo requiera.

Objetivo 4: Proponer la implementación de sistemas de distribución tipo pedestal en transformadores trifásicos.

Este objetivo se comprueba con el planteamiento de una propuesta para mejorar el mantenimiento a equipos de distribución eléctrica a través de la instalación de equipos trifásicos con el método de pedestal o frente muerto.

5.3. Análisis de los datos

La entrevista realizada y la observación tienen como objetivo recolectar información sobre el estado de la red de distribución, los transformadores que se encuentran fuera de servicio y las implicaciones de un mantenimiento aplicado a estos dispositivos.

5.4. Interpretación de los resultados

Tema 1: Sobre el sistema de distribución de la Universidad Técnica de Manabí.

Con el análisis a la entrevista realizada a el analista uno de la infraestructura física de la Universidad Técnica de Manabí (anexo...) se determinó que la institución presenta problemas con la distribución de energía eléctrica y que debido a esto se efectuara un mantenimiento a toda la red primaria de distribución con el cambio de todos los aisladores y mejoramiento de conductores con el objetivo de mantener en óptimas condiciones la parte eléctrica. Con este mantenimiento a la red se mejora la vida útil y la seguridad de los transformadores después ya que reduce el riesgo eléctrico que en un sistema de red defectuoso se pudiera producir.

Tema 2: Sobre el estado de los transformadores que se encuentran fuera de servicio.

Se determinó el número de transformadores que se encuentran fuera de servicio debido a fallas que estos presentan dándonos un resultado de ocho transformadores defectuosos, cinco monofásicos y tres trifásicos de los cuales un banco de tres transformadores monofásicos y trifásicos necesitan un mantenimiento inmediato ya que estos se encontraban funcionando en la facultad de filosofía cumpliendo con una de manda de 225 KVA , además se integraron al mantenimiento tres transformadores trifásicos estaban dentro del presupuesto para dicho mantenimiento. También se verifico el estado de los transformadores encontrándose conectores de líneas secundarias en mal estado y fugas de aceite

Tema 3: Implicaciones del mantenimiento a transformadores

En la entrevista se menciona que si no se aplica un mantenimiento a los transformadores la universidad no contara con un respaldo de transformadores para usos de emergencia en caso de necesitarlos y que un mantenimiento seria esencial ya que antes no se ha realizado un mantenimiento a los transformadores

Tema 4: Sobre las pruebas físico químicas realizadas al aceite dieléctrico.

El análisis físico-químico realizado al aceite dieléctrico demostró un nivel alto de contaminación en los transformadores con presencia de lodos siendo de mayor grado en aquellos transformadores con bobinado quemado.

5.5. Elaboración de reporte de resultados

5.5.1. Conclusiones

Desde el punto de vista de seguridad industrial y de riesgos eléctricos, el mantenimiento es indispensable en los equipos eléctricos ya que monitoreando regularmente el estado del aceite aislante ya que este análisis nos muestra información respecto a las características físicas, químicas y eléctricas del aceite aislante y sobre el estado del transformador además de brindarnos información de las posibles fallas que se podrían presentar en el futuro, determinando acciones a tomar para prevenir dichas fallas.

Con el mantenimiento aplicado a los transformadores se concluye que la renovación total del aceite dieléctrico aumenta sustancialmente la vida útil del transformador siempre y cuando los demás componentes como la parte activa, se encuentren funcionando a la perfección con lo cual la reducción de riesgo electrico es considerable y presenta grandes beneficios a corto y largo plazo para la Universidad Técnica de Manabí, mejorando su capacidad para actuar ante una emergencia energética, reduciendo el riesgo eléctrico y aumentando la seguridad en sus sistemas eléctricos

5.5.2. Recomendaciones

Se recomienda una evaluación anual del estado del aceite en cada uno de los transformadores monofásicos y trifásicos con el objetivo de prevenir posibles daños en el equipo y manteniendo el riesgo eléctrico en el mínimo.

Aplicar planes de mantenimiento preventivo y predictivo a los sistemas eléctricos de distribución ya que junto con los transformadores integran la red de distribución de energía eléctrica de la Universidad y un fallo en este sistema podría perjudicar el funcionamiento de los transformadores.

Llevar un registro permanente de todos los ensayos realizados en cada transformador ya en esto ayudara a evaluar la frecuencia de las fallas en los equipos.

Se recomienda que antes de realizar las pruebas de transformadores, se realice la adquisición de las Normas Técnicas INEN, IEEE y ANSI, las cuales están dirigidas a la aplicación de pruebas eléctricas en transformadores de distribución y potencia.

Se recomienda efectuar los ensayos como la prueba de tensión de impulso con onda completa sobre los terminales de línea y el terminal de neutro, pruebas físico-químicas al aceite, prueba de calentamiento y Prueba de sobrecarga, teniendo en cuenta que las pruebas de aislamiento se deben realizar al 75% para los transformadores reparados parcialmente (transformadores sin rebobinado) y al 100% para los transformadores totalmente reparados (transformadores rebobinados).

Capítulo sexto

6.1. Cuadro de presupuesto

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Valor total
1	Alquiles de instalaciones y equipos	2000,00	2000,00
3	Silicona	15,00	45,00
6	Empaques	30,00	180,00
6	Plástico para embalar	10,60	63,6
6	Conectores de alta transformadores monofásicos	20,40	122,40
6	Conectores de baja transformadores monofásicos	25,40	152,40
6	Conectores de alta transformadores trifásicos	22,60	135,60
6	Conectores de baja transformadores trifásicos	24,60	147,60
6	Válvulas	53,70	322,20
6	Aisladores	120,40	722,40
1	Papel dieléctrico	108,80	108,80
2	Servicio de transporte de equipos	200,00	400,00
3	Conector de puesta a tierra para transformador trifásico	75,00	225,00
3	Conector de puesta a tierra para transformador monofásico	75,00	225,00
8	Discos de pulir	5,80	46,40
3	Anticorrosivo gris	150,00	450,00
1	Pintura negra	50,60	50,60
3	Pintura de base epoxipoliámina	100,80	302,40
3	Taps para transformadores monofásicos	35,00	105,00
3	Taps para transformadores trifásicos	40,00	120,00
1	Hilo de cobre recubierto	578,00	578,00
1	Aceite dieléctrico mineral	115,38	115,38
6	Boquillas de alta presión	20,00	120,00
6	Boquillas de baja presión	15,00	90,00
6	Indicador de nivel de líquido	45,17	271,02
6	Indicador de presión	70,80	424,80
6	Fusibles	79,40	476,40
		TOTAL	8000,00

6.2. Cronograma valorado

ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES																								RECURSOS			COSTOS UDS.	
	1				2				3				4				5				6				HUMANOS	MATERIALES	OTROS		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
Elección del tema																									Autores		Varios	0,60	
Selección de fuentes bibliográficas																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Autores	Textos, Folletos e Internet	Varios	5,0	
Diagnóstico de los problemas que presentan los transformadores																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Autores	Libros e Internet	Varios	15,90	
Estudio de las necesidades requeridas para el mantenimiento																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Autores	Fotocopias, cuadernos de apuntes, folletos, carpetas, lápices, laptops.	Movilización	9,75	
Planificación de actividades para la implementación del mantenimiento																									Autores	Fotocopias, cuadernos de apuntes ,lápices	Varios	5,80	
Investigación del marco teórico																									Autores	Internet, textos , folletos	Varios	7,15	
Ejecución y evaluación del proyecto																									Autores	Fotocopias, cuadernos, carpetas, lápices.	Varios	12,30	
Presentación del proyecto final al tutor y revisor del trabajo de titulación																									Autores	Carpeta, Impresiones y Sobres A4	Varios	29,20	
Sustentación																									Autores y Tribunal	Computadora , Proyector		0,0	
																												TOTAL	85,70

Bibliografía

- asifunciona.com. *asifunciona.com*. 9 de 2015.
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_trafo_mono/ke_trafo_mono_2.htm
(último acceso: 1 de febrero de 2017).
- Chapman, Stephen J. *Maquinas Eléctricas. Quinta edición*. MC GRAW HILL, 2000.
- chauvin arnoux group. «www.chauvin-arnoux.es.» s.f. www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/D00VEC38.PDF.
- Cooperativa Rural de Electrificación. «www.cre.com.bo.» *www.cre.com.bo*. ENERO de 2016.
<http://www.cre.com.bo/WebCre/cre/pdf/Esp tecnicas/06Transformador/01Transformador%20Aereo.pdf> (último acceso: 2 de FEBRERO de 2017).
- Fonseca, Ing. Octavio. *Ensayos al Aceite Dieléctrico... Diagnósticos*. s.f.
- «Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia.» En *Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia*, de Juan Nuñez Foresteiri. Chile, 2004.
- HARPER, ENRIQUEZ. «El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos.» 2004.
- Lemozy, Norberto A. *transformadores trifasicos*. s.f.
- P., Cevallos A. Juan. «Diseño de un laboratorio de pruebas para transformadores de distribución para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.» científico, Loja, s.f.
- Pedro, ING. PEREZ. *Transformadores de Distribución Teoría, Calculo, Construcción y pruebas*. s.f.
- repositorio.utc.edu.ec*. s.f. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/868/1/T-UTC-0622.pdf> (último acceso: 2 de febrero de 2017).
- trans equipos. *www.transequipos.com*. 2017.
<http://www.transequipos.com/servicios/diagnostico-de-laboratorio/cromatografia-de-pcbs.html>.
- wikipedia. *wikipedia*. 26 de febrero de 2017. <https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>
(último acceso: 1 de febrero de 2017).
- wordpress.com. *wordpress.com*. 7 de 5 de 2013.
<https://transformadoreselectricos.wordpress.com/2013/05/07el-transformador-electrico-su-historia/> (último acceso: 1 de 2 de 2017).
- www.assets.mheducation.es*. s.f.
<http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>.

www.atmosferis.com. s.f. <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>.

www.automatismoidustrial.com. s.f. <https://automatismoidustrial.com/1-3-6-5-ensayos-de-vacio-y-de-cortocircuito/>.

www.educativa.catedu.es. s.f.
http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/135_prdidas_en_un_transformador.html.

www.es.wikipedia.org. s.f. https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_magn%C3%A9tico.

www.google.com. s.f.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzoLu1YXVAhWGSCYKHUeDAY4ChAWCEkwBQ&url=http%3A%2F%2Fecaths1.s3.amazonaws.com%2Fingsistemasfisica%2F355714902.Trafos_final.pdf&usq=AFQjCNELGeh0QxWxcrrvXAPNEIFwyp1B.

www.importancia.org. s.f. <https://www.importancia.org/mantenimiento.php>.

www.lea-global.com. s.f. http://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/4_riesgo_en_transformadores.pdf.

www.monografias.com. s.f. <http://www.monografias.com/trabajos82/perdidas-transformador-monofasico/perdidas-transformador-monofasico.shtml#ixzz4n7fL1MVH>.

www.renovetec.com. s.f. <http://www.renovetec.com/671-tipos-de-mantenimiento>.

www.significados.com. s.f. <https://www.significados.com/mantenimiento-correctivo/>.

www.sinais.es. s.f. http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html.

www.sinais.es/Recursos. s.f. http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html.

www.uco.es. s.f. http://www.uco.es/grupos/giie/cirweb/teoria/tema_11/tema_11_18.pdf.

www4.frba.utn.edu.ar. s.f.
https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/Apuntes_EyM/Capitulo_6_Perdidas_y_calentamiento.pdf.

Anexo 1. Entrevista

ENTREVISTA TÉCNICA

Al analista uno de infraestructura física de Universidad Técnica de Manabí.

Objetivos: Obtener información sobre el sistema de distribución de la universidad así como también del estado de los transformadores eléctricos y los problemas que presentan.

¿La universidad técnica de Manabí Presenta Actualmente problemas con la distribución de energía eléctrica?

¿Cuántos transformadores son los que están fuera de servicio y cuantos necesitan un mantenimiento?

¿Qué tipo de problemas presentan los transformadores que se encuentran fuera de servicio?

¿Qué riesgo eléctrico representa el hecho de no efectuarse el mantenimiento a los transformadores?

¿Cómo se vería veneciana la universidad técnica de Manabí con la implementación de un mantenimiento a los transformadores?

FECHA: 12 de diciembre del 2016

Entrevistado: Ing. Gilberth Holguín

Anexo 2. Evidencias



Entrevista realizada al Ing. Gilbert Holguín



Colocación del papel aislante



Bobinado de transformadores



Bobinado completo de transformadores



Embarque de transformadores



Aseguramiento de transformadores previo al traslado



Cuba lista para la extracción del aceite dieléctrico



Transformador trifásico listo para extracción de la parte activa



Cuba de transformador trifásico previo al lijado y rectificado



Cuba de transformador monofásico reparada



Transformadores trifásicos embalados y entregados



Transformadores monofásicos después del mantenimiento



Postulantes en la entrega transformadores trifásicos



Postulantes en la entregan de transformadores monofásicos

FACTURA 1

FACTURA2