

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

“OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”

**Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia.**

AUTORES:

Cristian Fernando Ante Timbila

Flavio Mauricio Lascano Ortiz

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Vicente Quispe

ASESOR METODOLÓGICO

Ing. Idalia Pacheco

LATACUNGA – ECUADOR

2014 -2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Ante Timbila Cristian Fernando y Lascano Ortiz Flavio Mauricio.

Con la tesis, cuyo título es: “OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 30 de marzo del 2015

Ing. Xavier Proaño Mg. C
PRESIDENTE

Ing. Paola Velasco
OPOSITOR

Dr. Galo Terán
MIEMBRO

Ing. Vicente Quispe
DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

AUTORÍA

Nosotros, Cristian Fernando Ante Timbila y Flavio Mauricio Lascano Ortiz, declaramos que el presente trabajo de investigación es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

La responsabilidad de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cristian Fernando Ante Timbila

C.I. 050337520-6

Flavio Mauricio Lascano Ortiz

C.I. 050325042-5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE COTOPAXI.

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Cristian Fernando Ante Timbila; Flavio Mauricio Lascano Ortiz han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 30 de marzo del 2015

Ing. Vicente Quispe
EL DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE COTOPAXI.

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Cristian Fernando Ante Timbila; Flavio Mauricio Lascano Ortiz han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 30 de marzo del 2014

Ing. Idalia Pacheco
ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

CERTIFICADO DE LA INSTITUCIÓN

Yo, Xavier Alfonso Proaño Maldonado, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que los señores Ante Timbila Cristian Fernando con C.I. 050337520-6 y Lascano Ortiz Flavio Mauricio con C.I. 050325042-5, realizaron la Tesis de Grado con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”** bajo la dirección del Ingeniero Vicente Quispe en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados, hacer uso de este documento en forma de que estimen conveniente.

Latacunga, 30 de marzo del 2015

Atentamente.

Ing. Xavier Proaño Mg. C
COOR. DE LA CARRERA DE ING. ELÉCTRICA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos dado la sabiduría necesaria para culminar nuestro anhelado sueño.

Nuestros padres por habernos dado la vida y la educación necesaria para ser responsables en cada una de nuestras obligaciones.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogernos dentro de su familia universitaria, aportando con conocimientos técnicos y científicos dentro de la carrera de ingeniería eléctrica.

Ing. Vicente Quispe, nuestro Director de tesis por habernos guiado en el transcurso de la elaboración de este proyecto.

Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) por facilitarnos el laboratorio de transformadores para la elaboración de nuestras prácticas de tesis.

Ing. Danilo Martínez por habernos inculcado sus conocimientos teóricos – prácticos en el transcurso de las prácticas y diseño de este proyecto.

Al Ing. Franklin Medina docente de la UTC por todo su tiempo abnegado hacia nosotros, con su ayuda capacitada y profesional para la culminación de la tesis.

Cristian..

Mauricio..

DEDICATORIA

A mi Dios quien me dio la fortaleza, salud y capacidad necesaria para terminar este trabajo de grado.

Queridos padres Pablo y María quienes me enseñaron desde muy pequeño a luchar para alcanzar mis metas y mis sueños. A mis hermanos Freddy y Juan quienes me han brindado momentos inolvidables de alegría y felicidad juntos a mis padres.

Mis abuelitos, Rafael y Luz María que con su ternura y gran amor me enseñaron que la grandeza de las personas no se mide por: Dinero, estudio, ni belleza. Sino por la lealtad de su corazón y la humildad de su alma.

También a mis tíos Blanca y Luis quienes han sido como mis hermanos, alentándome con palabras de positivismo para no decaer en los momentos de tristeza. A mí querido y adorado padrino Benedicto porque siempre estuvo pendientes de mi progreso universitario día con día y me dio su apoyo cuando lo necesite sin pedirme nada a cambio.

Cristian..

DEDICATORIA

Virgencita de Agua Santa por haberme dado la oportunidad de superarme con sus bendiciones junto a mi hermosa familia.

En especial a mis padres Marco y Marcia por ser las personas que han estado en mis alegrías y tristezas de la vida estudiantil, apoyando con sus buenos consejos para culminar con esta grandiosa carrera.

Mis hermanos Germania, Marco y Betty por ese apoyo económico y moral en este tiempo, también a mis primos y sobrinos por confiar y mantener ese si se puede.

A mi cuñado que le quiero como un hermano Milton Arias por sus consejos y apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil.

Una persona especial Gabriela gracias por tu apoyo que me estas brindando.

Mauricio..

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINAS
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iv
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO.....	v
CERTIFICADO DE LA INSTITUCIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPITULO I.....	1
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Optimización del laboratorio de equipos de Alto Voltaje.....	2
1.2.1 Instrumentos.....	2
1.2.2 Clasificación de los Instrumentos de medición.....	3
1.2.2.1 Equipo MIT 520/2 (Megger).....	3
1.2.2.2 Equipo TTR 100 monofásico.....	4
1.2.2.3 Módulo de pruebas.....	6
1.2.2.4 Multímetro de potencia (PMM-1).....	7
1.2.3 Transformadores.....	8
1.2.3.1 Tipos de Transformadores.....	8
1.2.3.2 Tipos de conexiones en transformadores trifásicos.....	10
1.2.3.3 Partes constitutivas de un transformador.....	11
1.3 Pruebas en el laboratorio de transformadores.....	13

1.3.1.1 Pruebas de rutina de transformadores.	14
1.3.1.1.1 Medición de la resistencia de los devanados.....	14
1.3.1.1.2 Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.....	15
1.3.1.1.3 Medición de los voltajes de cortocircuito.	17
1.3.1.1.4 Medición de las pérdidas con carga	19
1.3.1.1.5 Medición de las pérdidas sin carga (en vacío) y corriente de excitación	20
1.3.1.1.6 Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite.	22
1.3.2 Autotransformador.	23
1.3.2.1 Constitución general de un autotransformador.	24
1.4 Riesgo eléctrico y seguridad	25
1.4.1 El riesgo eléctrico.....	25
1.4.1.1 Tipos de riesgos eléctricos	25
1.4.2 Seguridad.....	26
1.4.2.1 Las cinco reglas de oro.....	26
CAPITULO II.....	27
2 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	27
2.1 Aspectos generales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	27
2.1.1 Antecedentes Históricos	27
2.2 Diseño metodológico.....	28
2.2.1 Metodología de investigación	28
2.2.1.1 Investigación Bibliográfica de campo y documental.	28
2.2.2 Tipo de investigación.	29
2.2.2.1 Investigación exploratoria y descriptiva.	29
2.2.3 Técnicas de investigación.....	30
2.2.3.1 La observación primaria y la encuesta	30
2.3 Universo, población y muestra.....	30
2.4 Análisis e interpretación de resultados	31
2.4.1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta dirigida a los Sres. Estudiantes de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.....	32
2.5 Verificación de la hipótesis	41
2.5.1 Formulación de la Hipótesis.....	41

2.6 Operacionalización de Variables.....	46
2.6.1 Operacionalización de la variable independiente:.....	46
2.6.2 Operacionalización de la variable dependiente:.....	47
2.7 Características y funcionamientos de los equipos.....	48
2.7.1 Características de los equipos.	48
2.7.1.1 Transformer Turns Ratio Tester (TTR 100).....	48
2.7.1.2 Probador del aislamiento (Megger MIT 520/2).	50
2.7.1.3 Multímetro de Potencia (PMM-1).....	51
2.7.1.4 Módulo de pruebas monofásico.	52
2.7.2 Funcionamiento de los equipos.	53
2.7.2.1 Cálculos y resultados en base al equipo TTR 100.	53
2.7.2.2 Cálculos y resultados en base al equipo MEGGER MIT 520/2.....	58
2.7.2.3 Cálculos y resultados en base al Módulo de Pruebas.....	62
2.7.2.4 Cálculos y resultados en base al equipo PMM-1.	65
CAPITULO III.....	68
3 PROPUESTA.....	68
3.1 Tema.....	68
3.2 Presentación	68
3.3 Justificación.....	69
3.4 Objetivos de la propuesta	70
3.4.1 Objetivo General	70
3.4.2 Objetivos específicos.....	70
3.5 Desarrollo de la propuesta.....	71
3.5.1 Medición de la resistencia de los devanados, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.....	71
3.5.1.1 Procedimientos para la práctica para un transformador monofásico:	71
3.5.1.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:.....	74
3.5.2 Medición de la resistencia del aislamiento.....	79
3.5.2.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico.	79
Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:.....	82
3.5.3 Prueba de cortocircuito.....	85
3.5.3.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico:	85

3.5.3.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:.....	87
3.5.4 Prueba de circuito abierto.....	90
3.5.4.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico:	90
3.5.4.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:.....	92
3.5.5 Análisis de las Asignaturas con las prácticas.	95
3.5.5.1 Materias influyentes en la elaboración de prueba de rutina a transformadores.....	96
3.6 Elaboración de Guías	100
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	102
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINAS
TABLA 1. 1. VALORES DE ACEPTACIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.....	21
TABLA 1. 2. VALORES DE ACEPTACIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.....	22
TABLA 2. 1. POBLACIÓN CONSIDERADA PARA LA INVESTIGACIÓN.....	31
TABLA 2. 2. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS.....	33
TABLA 2. 3. UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA PRÁCTICA.....	34
TABLA 2. 4. APROPIADO USO DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO.....	35
TABLA 2. 5. EXISTENCIA DE MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	36
TABLA 2. 6. CALIFICACIÓN DE ACCIONAMIENTOS DE LOS EQUIPOS.....	37
TABLA 2. 7. TIPO DE RIESGO CON MAYOR FRECUENCIA DE ACCIDENTES.....	38
TABLA 2. 8. GRADO DE PELIGROSIDAD.....	39
TABLA 2. 9. IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS.....	40
TABLA 2. 10 FRECUENCIAS OBSERVADAS.....	42
TABLA 2. 11 FRECUENCIAS ESPERADAS	43
TABLA 2. 12 CALCULO DEL CHI CUADRADO	44
TABLA 2. 13 DISTRIBUCION DEL CHI-CUADRADO	44
TABLA 2. 14. DATOS DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.....	53

TABLA 2. 15. FUNCIONAMIENTO DEL TTR 100 CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.	58
TABLA 2. 16 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.	61
TABLA 2. 17 FUNCIONAMIENTO DEL MEGGER MIT 520/2 CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.	61
TABLA 2. 18. FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE PRUEBAS CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.	65
TABLA 2. 19. RESULTADOS DEL MODULO DE PRUEBAS Y PMM-1.	67
TABLA 2. 20 FUNCIONAMIENTO DEL PMM-1 Y EL VARIDOR DEL MODULO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15KVA.	67
TABLA 3. 1 MEDICIÓN RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS NTE INEN 2118.	74
TABLA 3. 2 MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117.	74
TABLA 3. 3 MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS TRIFÁSICO NTE INEN 2118.	78
TABLA 3. 4 MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICO NTE INEN 2117.	78
TABLA 3. 5 MEDICIÓN DE LAS RESISTENCIAS DEL AISLAMIENTO MONOFÁSICO.	81
TABLA 3. 6 MEDICIÓN DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO TRIFÁSICO.	84
TABLA 3. 7 REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.	87
TABLA 3. 8 MEDICIÓN DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2115.	89
TABLA 3. 9 REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.	92
TABLA 3. 10 MEDICIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO INEN 2115.	95
TABLA 3. 11. RELACIÓN ENTRE LAS ASIGNATURAS Y LAS GUÍAS PRÁCTICAS.	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁGINAS
FIGURA 1. 1. EQUIPO MIT 520/2 (MEGGER).	4
FIGURA 1. 2. MEGGER TTR 100.	5
FIGURA 1. 3. MÓDULO DE PRUEBAS.	6
FIGURA 1. 4. MULTÍMETRO DE POTENCIA (PMM-1).	7
FIGURA 1. 5. DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.	9
FIGURA 1. 6. DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.	10
FIGURA 1. 7. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.	11
FIGURA 1. 8. NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR.	12

FIGURA 1. 9. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL VOLTÍMETRO SEGÚN CIRCUNSTANCIAS DE EXACTITUD.....	15
FIGURA 1. 10. TIPOS DE POLARIDAD DE LOS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS....	17
FIGURA 1. 11. PRUEBA DE VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.	18
FIGURA 1. 12. PRUEBA DE VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.....	19
FIGURA 1. 13. DIAGRAMA DE PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE DEL TRANSFORMADOR	23
FIGURA 1. 14. AUTOTRANSFORMADOR.	23
FIGURA 2. 1. POBLACIÓN CONSIDERADA PARA LA INVESTIGACIÓN.	31
FIGURA 2. 2. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS.....	33
FIGURA 2. 3. UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA PRÁCTICA.	34
FIGURA 2. 4. APROPIADO USO DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO.	35
FIGURA 2. 5. EXISTENCIA DE MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	36
FIGURA 2. 6. CALIFICACIÓN DE ACCIONAMIENTOS DE LOS EQUIPOS.	37
FIGURA 2. 7. TIPO DE RIESGO CON MAYOR FRECUENCIA DE ACCIDENTES.	38
FIGURA 2. 8. GRADO DE PELIGROSIDAD.	39
FIGURA 2. 9. IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS.....	40
FIGURA 2. 10 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR CON EL TTR.....	54
FIGURA 2. 11 CIRCUITO EQUIVALENTE SIMPLIFICADO.....	55
FIGURA 2. 12 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE MONOFÁSICO.....	59
FIGURA 2. 13 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA MONOFÁSICO.....	59
FIGURA 2. 14 DIAGRAMA DE CONEXION, MEDIO VOLTAJE - TIERRA MONOFÁSICO...	59
FIGURA 2. 15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, DEL DESCARGADOR VALVULAR.	60
FIGURA 2. 16 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON TRANSFORMADOR CON EL MOULO DE PRUEBAS.	62
FIGURA 2. 17. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL MODULO DE PRUEBAS.	62
FIGURA 2. 18. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.....	66
FIGURA 2. 19. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.....	66
FIGURA 3. 1 DIAGRAMA DE CONEXIÓN MONOFÁSICO CON EL TTR.	72
FIGURA 3. 2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE A CON EL TTR.	76
FIGURA 3. 3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE B CON EL TTR.	76
FIGURA 3. 4 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE C CON EL TTR.	77
FIGURA 3. 5 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE MONOFÁSICO.....	80
FIGURA 3. 6 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA MONOFÁSICO.....	80

FIGURA 3. 7 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL DESCARGADOR VALVULAR.	81
FIGURA 3. 8 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE TRIFÁSICO.	82
FIGURA 3. 9 DIAGRAMA DE CONEXIÓN. MEDIO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.....	83
FIGURA 3. 10 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.	84
FIGURA 3. 11 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL MÓDULO DE PRUEBAS.	86
FIGURA 3. 12 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE A.	88
FIGURA 3. 13 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE B.....	88
FIGURA 3. 14 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE C.....	89
FIGURA 3. 15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL MODULO DE PRUEBAS.	91
FIGURA 3. 16 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE A..	93
FIGURA 3. 17 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE B..	93
FIGURA 3. 18 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE C..	94

RESUMEN

La Universidad Técnica de Cotopaxi tiene la finalidad de formar profesionales capaces de solucionar problemas de la sociedad a través del dominio de sus competencias profesionales acorde al perfil académico. Por esta razón la Institución en su afán de llegar a la calidad académica, tiene como prioridad fortalecer los laboratorios con una adecuada infraestructura y la implementación de equipos modernos que permiten a sus estudiantes poner en práctica sus conocimientos teóricos. El presente trabajo investigativo tiene como propósito aportar en la formación práctica de los conocimientos adquiridos, mediante la implementación de guías relacionadas a los siguientes equipos: MULTÍMETRO DE POTENCIA (PMM-1), MEGGER MIT520/2, MÓDULO DE PRUEBAS, TTR 100; siendo estos los utilizados para realizar pruebas de rutina en transformadores monofásicos y trifásicos de distribución tales como: medición de la resistencia de los devanados, medición de la resistencia del aislamiento, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad, desplazamiento angular, medición de las pérdidas en el cobre y en el hierro. El trabajo de investigación se basa en la aplicación de métodos investigativos tales como: Investigación bibliográfica, de campo, exploratoria y descriptiva, además la aplicación de técnicas: observación primaria y la encuesta para recopilar la información. El desarrollo de la propuesta está realizado mediante una aplicación directa con los equipos existentes en el laboratorio de Alto Voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi y el laboratorio de la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) los cuales contribuyeron con las pruebas para la elaboración de guías prácticas dentro de la enseñanza aprendizaje de los estudiantes. Este proyecto está basado con la aplicación de las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN.

Descriptores: Laboratorio, Equipos, Prácticas.

ABSTRACT

The Technical University of Cotopaxi has the aim to train professionals capable of solving problems of the society through the dominion of their professional skills in keeping with the academic profile. For this reason the institution in their quest to reach the academic quality, as priority is strengthening the laboratories with an adequate infrastructure and the implementation of modern equipment that allow their students to put into practice their knowledge. This research work has as objective to bring in the practical training of knowledge acquired, through the implementation of guidelines related to the following teams: MULTIMETER FOR POWER (MMP-1), MEGGER MIT520/2, MODULE TESTING, TTR 100; these being used to perform routine tests in single-phase and three-phase transformers distribution such as: measurement of the resistance of the windings, measurement of the resistance of the insulation, measurement of the ratio of transformation, and verification of the polarity, angular displacement, measurement of the losses in the copper and iron. The research work is based on the application of research methods such as: bibliographic research, field, exploratory and descriptive, as well as the application of techniques: primary observation and survey to collect the information. The development of the proposal is made by a direct application with the existing equipment in the laboratory of high voltage of the Technical University of Cotopaxi and the laboratory of the Ambato Electric Company (EEASA) which helped with the evidence for the development of practical guides within the teaching and learning of students. This project is based on the application of Ecuadorian technical standards NTE INEN.

Descriptors: Laboratory, Equipment, practices.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de la Carrera de Ciencias de la Educación, Mención Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi. **CERTIFICO**, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis elaborada por los estudiantes: Ante Timbila Cristian Fernando y Lascano Ortiz Flavio Mauricio: **“OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE EQUIPOS DE ALTO VOLTAJE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS, PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS SEGUROS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2014 – 2015”**, el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Latacunga, 30 de marzo del 2015

Lic. MSc. Martha Cueva

C.I. 170502244-8

INTRODUCCIÓN

La formación académica de los profesionales del Ecuador, va enmarcados a fortalecer los conocimientos que permitan desarrollar sus capacidades para su desempeño laboral. Específicamente en el ámbito de las carreras técnicas, como lo es el caso de la Ingeniería Eléctrica ofertada por la Universidad Técnica de Cotopaxi, la misma que genera profesionales integrales, cuyos conocimientos se desarrollan en los ámbitos de la operación, planificación, diseño y construcción de sistemas eléctricos de potencia.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, en pos de un mejoramiento continuo y con el objetivo de alcanzar la excelencia académica, ha venido paulatinamente implementando y desarrollando la infraestructura adecuada para el proceso de aprendizaje. El presente trabajo de investigación tiene como objeto de estudio al laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica, en el que se realizan prácticas mediante la tutoría del docente, este laboratorio cuenta con equipos tecnológicos actuales para el desempeño de prácticas y procedimientos orientados al control, medición y manejo de alta potencia como:

- ✚ TTR 100 (MEGGER)
- ✚ MEGGER MIT520/2
- ✚ MULTÍMETRO DE POTENCIA PMM-1
- ✚ MÓDULO DE PRUEBAS

Se determinó que es importante que el laboratorio cuente con guías técnicas o prácticas prestablecidas de los equipos, para un mejor desarrollo de las actividades dirigidas a los alumnos en cuanto al manejo, armado y ejecución de las mismas, con ello se logrará precautelar la vida útil de los equipos y la disminución de daños generados en los estudiantes que realizan la manipulación de los equipos en el laboratorio.

El presente trabajo de investigación se encuentra estructurado por tres capítulos:

El Primer Capítulo propone la FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA; mismo que describe de manera técnica y generalizada todos los argumentos, postulados y teorías planteadas de cada autor que tiene relevancia en cuanto al tema, durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se enuncian las definiciones y conceptos básicos que están relacionadas a los elementos y procesos de pruebas de transformadores para la realización de prácticas con los equipos existentes en el Laboratorio de Alto Voltaje de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

El Segundo Capítulo es la PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS, los mismos que fueron obtenidos para el desarrollo del proyecto de investigación, considerando una metodología que incluyó los métodos bibliográfico y documental, descriptivo y de campo. Se empleó una encuesta, mediante la creación de un cuestionario de preguntas cerradas orientada a los estudiantes del sexto, séptimo, octavo y noveno semestre de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Institución, lo que permitió reunir y tabular los datos e información necesaria para poder analizar y evaluar la factibilidad del proyecto de investigación.

Tercer Capítulo es la propuesta que consta de: guías prácticas encaminadas a cada uno de los equipos de alto voltaje, desarrolladas conjuntamente con la relación de las materias de la malla curricular hacia los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Luego se elaboran conclusiones y recomendaciones sugeridas en el desarrollo del presente proyecto de investigación por parte de los tesisistas, en base al análisis y los resultados obtenidos en la misma. En los anexos está constituida por la encuesta, el protocolo para las pruebas, fotos de las pruebas, las prácticas de laboratorio con todos sus pasos detallados.

CAPITULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 Antecedentes investigativos.

Según ALMACHE, Jimena (2014), con el tema de tesis: “Levantamiento de una línea base de los laboratorios del departamento de eléctrica - electrónica de la ESPE extensión Latacunga bajo requerimientos del CEAACES, factibilidad de implantación en el Laboratorio de Alto Voltaje.” Manifiesta que:

“El proyecto fue desarrollado en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga específicamente en los Laboratorios del Departamento de Eléctrica - Electrónica, los mismos que proporcionan soporte a las actividades de docencia e investigación a través de la realización de prácticas. Se inicia con la realización de una matriz de revisión inicial en base a las evidencias del CEAACES. Para un mejor análisis se observó los horarios de los laboratorios y se graficó la utilización de cada uno.” Pág.1

Por otra parte el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de las Ingeniería y Aplicadas (CIYA), es uno de los mejores laboratorios con los que cuenta la institución. Actualmente está equipado con equipos eléctricos modernos para la realización de prácticas de prueba, evaluación y detección de daños en transformadores, motores y otros tipos de equipos de alto voltaje utilizados en el campo laboral.

Para los investigadores el laboratorio fue implementado con la finalidad de mejorar el aprendizaje de los alumnos en cuanto a la aplicación práctica de los conocimientos en las asignaturas involucradas en la malla curricular de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Este tipo de prácticas en el campo académico permite a los alumnos tomar experiencia para la detección oportuna de posibles daños de los sistemas eléctricos aplicados en los diversos campos industriales tanto de la provincia como del país, permitiendo de esta forma promover un manteniendo correctivo, preventivo y predictivo en las maquinaria e implementos eléctricos utilizados, garantizando así la minimización de altos costos de reparación y posibles paros en las líneas de producción industrial que a su vez se convierten en pérdidas económicas importantes para las empresas.

1.2 Optimización del laboratorio de equipos de Alto Voltaje.

Es el proceso de modificar el laboratorio para mejorar su eficiencia o también el uso de los recursos disponibles como son los equipos de Alto Voltaje existentes en el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Tanto que planifica una actividad para obtener los mejores resultados en las pruebas de rutina de los transformadores de distribución, los mismos que contribuyen al desarrollo de las actividades productivas en las diferentes ensayos.

1.2.1 Instrumentos.

Según Pérez, Alfonso (2000), manifiesta que: “Es un dispositivo directo o indirectamente usado para medir y/o controlar una variable. El término incluye, elementos primarios, elementos finales de control, dispositivos de cómputo y dispositivos eléctricos tales como anunciadores, interruptores y botones

oprimibles (pushbuttons). El término no aplica a partes que son partes internas de un instrumento (como ejemplo diafragmas receptores o una resistencia).” Pág. 11.

Los investigadores están de acuerdo con la definición por que el instrumento es un dispositivo para medir o controlar una variable en base a elementos de control.

1.2.2 Clasificación de los Instrumentos de medición.

1.2.2.1 Equipo MIT 520/2 (Megger).

Funcionamiento y utilización.

Según Alarcón, Pedro (2003), manifiesta que: “Este instrumento se utiliza en la prueba de resistencia de aislamiento. Aplica una tensión de 1000 V. a los devanados y hace una relación interna con la corriente arrojando así un valor de resistencia.” Pág.24

Según el fabricante (MEGGER), establece que: “El instrumento puede realizar pruebas cuando está conectado a través de los cables principales o la batería interna recargable, lo cual resulta muy beneficioso cuando se desconocen las condiciones del lugar o se precisa una prueba de larga duración. Los botones de control del instrumento son claros e inequívocos. Está equipado con una terminal de seguridad para una mayor exactitud”. Pág.1.

El cable de prueba de seguridad viene incluido como elemento estándar con el instrumento. Para lograr una mayor flexibilidad del instrumento, ambos disponen de la posibilidad de fijar el voltaje de prueba por pasos comenzando desde 50 V hasta llegar al máximo voltaje de salida, evitando el gasto que supondrían varios comprobadores de resistencia al aislamiento para cumplir las necesidades de uso.

Los investigadores dicen que el Megger MIT 520/2 es el que inyecta un voltaje de cd para verificar si la resistencia del aislamiento que este en correcto funcionamiento de los transformadores de distribución.

El equipo permite realizar los siguientes procesos:

- Resistencia del aislamiento alto – bajo voltaje.
- Resistencia del aislamiento alto voltaje – tierra.
- Resistencia del aislamiento bajo voltaje - tierra.

FIGURA 1. 1. EQUIPO MIT 520/2 (MEGGER).



Fuente: Manual Megger.

Salidas de MEGGER MIT 520/2:

- **Cable rojo:** Positivo.
- **Negro:** Negativo.
- **Azul (guarda):** Hace desaparecer lo que no se quiere que entre en la medición.

1.2.2.2 Equipo TTR 100 monofásico.

Funcionamiento.

Según fabricante megger, TTR 100 (2004), manifiesta que: “El equipo de test TTR portátil monofásico es una unidad totalmente automática, con auto

verificación, con auto calibración y basada en menús. El equipo de test mide la relación de espiras, el desplazamiento de fase, la corriente de excitación, la resistencia de CC de los devanados y la polaridad de transformadores de distribución monofásicos y trifásicos (fase por fase), así como también de potencia, y de medición de tensión y de corriente.” Pág. 1.

Para los investigadores el TTR 100 es un equipo extremadamente eficiente para probar bobinas de transformadores, ya que se puede localizar diferentes tipos de problemas en el interior del transformador. También es útil para realizar pruebas en talleres de medida antes de una inspección de transformadores de potencia y corriente puede determinar su precisión sin carga de todo tipo de transformadores y la necesidad de las pruebas adicionales.

El equipo permite realizar los siguientes procesos:

- Verificar la relación de transformación.
- Desplazamiento de fase.
- Corriente de excitación.
- Acoplamiento.
- Resistencia del devanado.
- Polaridad.

FIGURA 1. 2. MEGGER TTR 100



Fuente: Megger. TTR 100 monofásico portátil.

1.2.2.3 Módulo de pruebas.

Funcionamiento.

Según ITURRALDE H. y MOSCOSO D. (2012), manifiesta que: “En todo sistema eléctrico de potencia se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.” Pág. LIX.

Los investigadores están de acuerdo con la definición, ya que el Módulo de pruebas es el que inyecta voltaje, corriente a través de un variador (autotransformador).

FIGURA 1. 3. MÓDULO DE PRUEBAS.



Fuente: Manual del módulo de pruebas.

1.2.2.4 Multímetro de potencia (PMM-1).

Funcionamientos del equipo.

Según Megger (2012), manifiesta que: “El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer.” Pág. 1.

Para la realización de la demostración en el equipo se aplica la prueba de vacío y la de cortocircuito en transformadores monofásicos y trifásicos de hasta 600 (V), de igual manera en motores de inducción monofásicos y trifásicos, todo transformador debe encontrarse técnicamente en buenas condiciones de operación para ser incorporado a la red de distribución eléctrica.

Para los investigadores las pruebas eléctricas se llevan a cabo para verificar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Además ofrecen una serie inicial de pruebas de referencia que serán utilizados para propósitos de comparación contra las pruebas eléctricas de campo futuras.

FIGURA 1. 4. MULTÍMETRO DE POTENCIA (PMM-1).



Fuente: Manual PMM-1.

1.2.3 Transformadores.

Según Chapman, Stephen (2012) manifiesta que: “Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Estas bobinas (normalmente) no están conectadas en forma directa. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo.” Pág. 49

Por otro lado según Álvarez, Julio (2009), manifiesta que: “El transformador es un dispositivo que permite modificar potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente. Es una máquina estática de bajas pérdidas y tiene un uso muy extendido en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica.” Pág. 122.

Para los investigadores un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica a la misma potencia eléctrica con otro nivel de voltaje y tiene el devanado primario donde se conecta la fuente de potencia, el devanado secundario donde se conecta la carga y si es que hay un tercer devanado será el terciario de la carga.

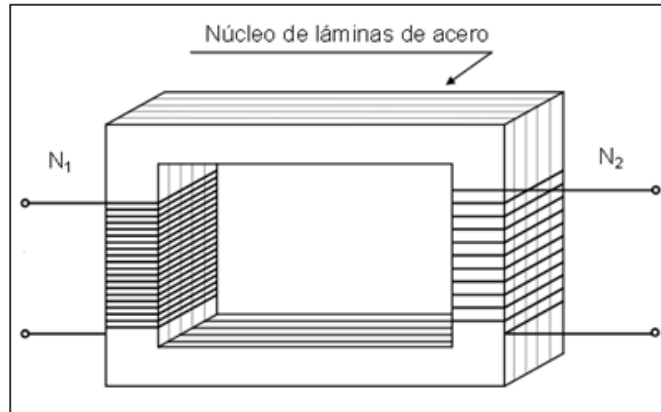
1.2.3.1 Tipos de Transformadores.

Transformador monofásico.

Según Álvarez, Julio (2009), manifiesta que: “Básicamente está formado por un núcleo compuesto de láminas de hierro y dos bobinados, a los cuales denominaremos primario y secundario. El bobinado primario con “N1” espiras es aquel por el cual ingresa la energía y el secundario con “N2” espiras es aquel por el cual se suministra dicha energía eléctrica.” Pág. 122.

Los investigadores están de acuerdo con la definición, ya que un transformador monofásico es un núcleo formado con láminas de hierro con bobinas en el primario y secundario.

FIGURA 1. 5. DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.



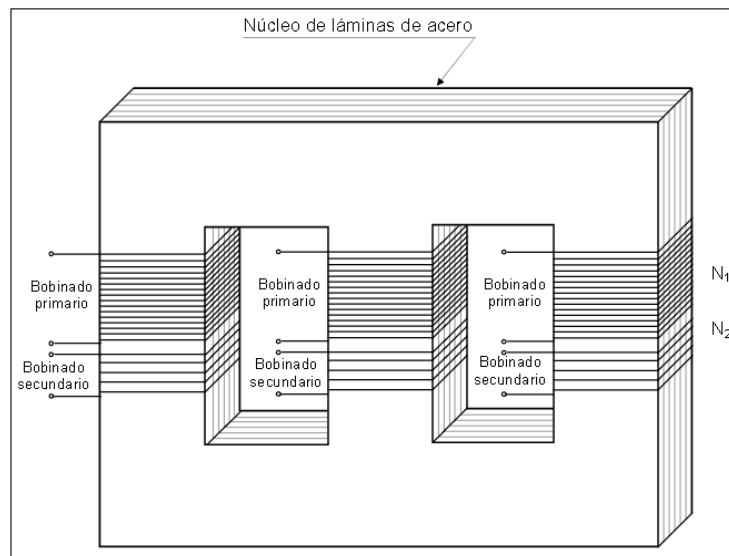
Fuente: Álvarez, Julio. Transformadores. (2009).

Transformadores trifásicos.

Según Álvarez, Julio (2009) manifiesta que: “A partir de ciertas potencias, los transformadores son trifásicos, pudiéndose armar un conjunto o “banco” trifásico, mediante el uso de tres transformadores monofásicos o bien un solo transformador trifásico, el cual se forma mediante un núcleo magnético y las bobinas necesarias para armar tres fases.” Pág. 148.

Los investigadores están de acuerdo con la definición, ya que un transformador trifásico es el que tiene bobinados primarios y secundarios mediante un núcleo magnético y se tiene diferentes tipos de conexiones.

FIGURA 1. 6. DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.



Fuente: Álvarez, Julio. Transformadores. (2009).

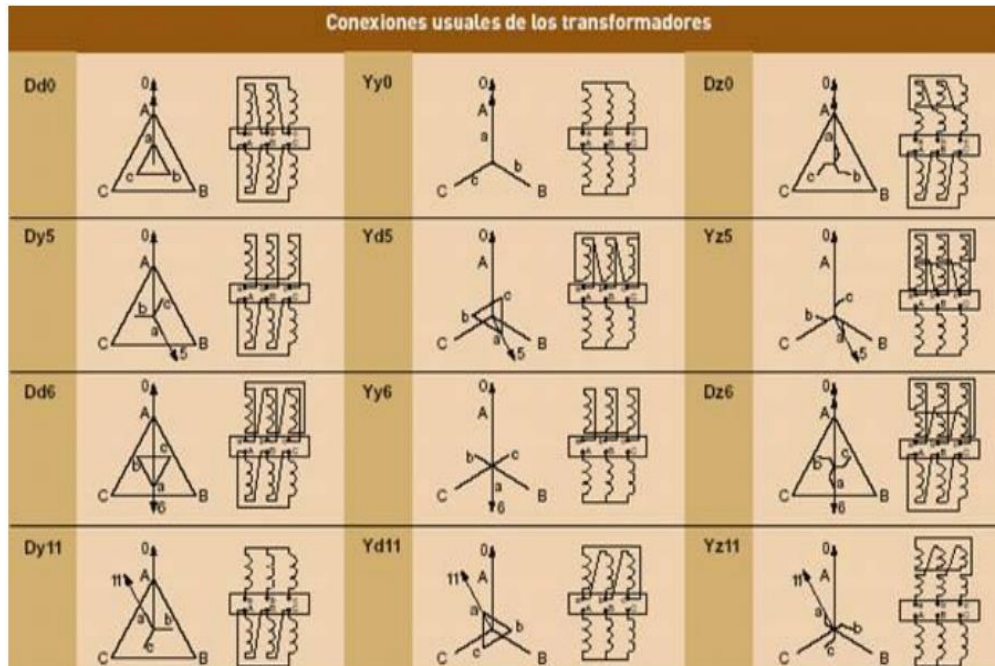
1.2.3.2 Tipos de conexiones en transformadores trifásicos.

Según Rojas, Amancio (2010), manifiesta que: “En nomenclatura abreviada se utilizan las letras mayúsculas para A.T. y minúsculas para b.t.; para triángulo D, d; estrella Y, y. Según se realice la conexión de los devanados primario y secundario.” Pág. 8.

Se obtendrán diferentes tipos de transformadores:

- Estrella en el primario Y – estrella en el secundario y, o simplemente estrella estrella Yy.
- Estrella-triángulo Yd.
- Triángulo-triángulo Dd.
- Triángulo-estrella Dy.

FIGURA 1. 7. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.



Fuente: Mg. Amancio R. Rojas Flores. Transformadores parte 3. (2010).

1.2.3.3 Partes constitutivas de un transformador.

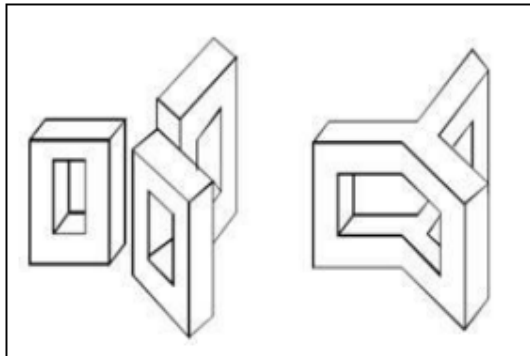
Los transformadores de distribución se están constituidos con diferentes elementos los cuales están clasificados en:

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

Circuito Magnético.

Es aquel elemento que permite conducir el flujo magnético a los circuitos eléctricos del transformador, comúnmente conocido como el núcleo, éste se clasifica en dos tipos los cuales son: de núcleo único y de tipo acorazado.

FIGURA 1. 8. NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR.



Fuente: Transformadores de distribución, Ing. Avelino Pedro.

Circuito Eléctrico.

El circuito eléctrico está constituido por los devanados (primario y secundario), estos son realizados sobre horma y cubierta de cinta aislante, tratadas al vacío, impregnadas de barniz aislante y cocido.

La función que desempeñan cada uno de los devanados, da origen al funcionamiento del transformador y esto es posible con el uso de la corriente alterna.

Sistema de aislamiento.

Establece que los transformadores están constituidos mediante una serie de elementos aislantes, los cuales son:

- Cartón prensado.
- Papel kraft normal o tratado.
- Papel manila y corrugado.
- Cartón prensado de alta densidad.
- Collares de cartón prensado y aislamientos finales.
- Partes de cartón prensado laminados.
- Esmaltes y barnices.
- Recubrimientos orgánicos.

- Porcelanas.
- Recubrimientos de polvo epóxico.
- Madera de maple.
- Fibra vulcanizada
- Algodón, hilos, cintas.
- Plásticos, telas, cintas adhesivas y cintas de fibra de vidrio.
- Fluido líquido dieléctrico

Este sistema tiene como finalidad aislar los devanados entre si y a tierra, es por esta razón que el sistema de aislamiento debe cumplir con ciertas cualidades.

Tanques y accesorios.

Los transformadores que emplean refrigeración por líquido deben tener necesariamente sus núcleos y devanados inmersos en tanques.

1.3 Pruebas en el laboratorio de transformadores.

Según Enríquez, Harper (2004) manifiesta que: “En los transformadores de potencia, por lo general se hacen distintos tipos de pruebas que tienen propósitos diferentes, ya que algunas son para determinación o verificación de parámetros y se hacen en la propia fábrica, también se tiene las pruebas de prototipo que se hacen sólo transformadores nuevos que sean de nuevo diseño, o bien que se hagan modificaciones de diseño ya aprobados.” Pág. 87.

Para los investigadores esta prueba determina el nivel de pérdidas en el transformador de distribución, permitiendo de esta manera comprobar si el transformador cumple con las especificaciones establecidas para que soporte a su totalidad de la capacidad cuando este en operación. Con las diferentes pruebas a realizar se logra verificar los parámetros que permitirá garantizar un buen diseño y construcción del transformador de distribución.

1.3.1.1 Pruebas de rutina de transformadores.

Estas pruebas son realizadas a los transformadores para verificar que el producto cumpla con sus especificaciones de diseño.

Las pruebas de rutina son:

- Medición de la resistencia de los devanados.
- Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.
- Medición de los voltajes de cortocircuito.
- Medición de las pérdidas con carga.
- Medición de las pérdidas sin carga (en vacío) y corriente de excitación.
- Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite

1.3.1.1.1 Medición de la resistencia de los devanados.

Según la NTE 2118. (1998), manifiesta que: “La medida de la resistencia de los devanados se efectúa generalmente por los métodos de la caída de voltaje, conociendo la intensidad de la corriente que pasa por el devanado cuya resistencia se está determinando y haciendo el cálculo por medio de la ley de Ohm.” Pág. 1.

$$R_0 = \frac{V}{I} \quad (\text{Ec. 1})$$

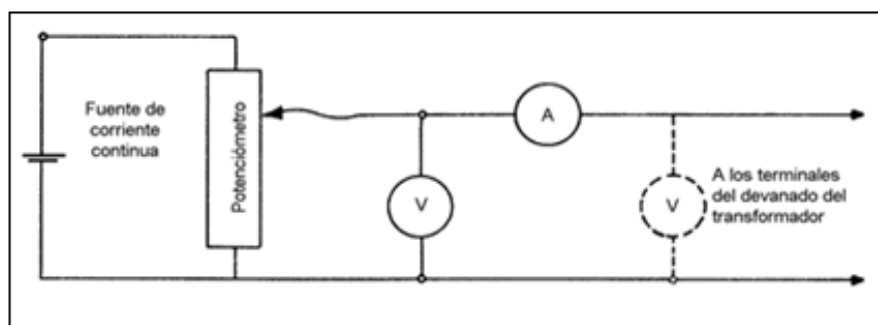
V = Voltaje de c.c. aplicado a los terminales del devanado (V).

I = Intensidad de la corriente que circula por el devanado (A).

Ro= Resistencia del devanado, medida a la temperatura ambiente (Ω).

Para los investigadores la medición de la resistencia depende de la medida de las dos magnitudes conocidas. Se obtiene mejores resultados cuando el voltímetro y amperímetro tienen la misma clase de precisión.

FIGURA 1. 9. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL VOLTÍMETRO SEGÚN CIRCUNSTANCIAS DE EXACTITUD.



Fuente: NTE INEN 2118. (1998)

1.3.1.1.2 Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.

Medición de la relación de transformación.

La relación de transformación tiene como principal objetivo, la determinación de la relación entre el número de vueltas del devanado primario y el secundario, en otras palabras es la relación de voltajes del devanado de alto voltaje al devanado de bajo voltaje.

La relación de transformación se expresa:

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

(Ec. 2)

N1 y N2: Numero de espiras en el devanado primario y secundario.

V1 y V2: Voltajes en el devanado primario y secundario (V).

I1 y I2: Corrientes en el devanado primario y secundario (A).

Verificación de la polaridad.

- **Método del transformador patrón:** Según la NTE INEN 2117, (1998) manifiesta que:

“Se conecta en paralelo el devanado de alto voltaje del transformador en prueba con el devanado de alto voltaje del transformador patrón de polaridad conocida y con la misma relación de transformación que la del transformador en prueba, uniendo entre sí los terminales correspondientes. Análogamente se conectan también los terminales de un lado de los devanados de bajo voltaje de ambos transformadores, dejando libres los restantes.” Pág. 2

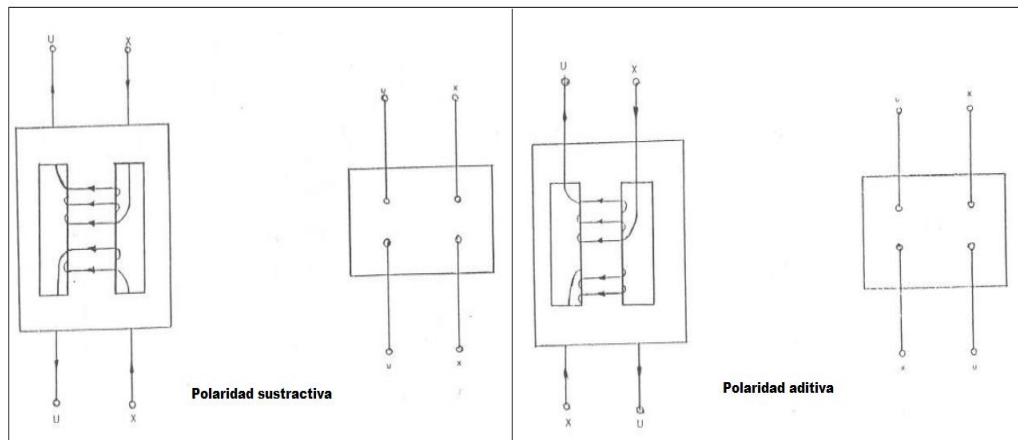
Para los investigadores estas condiciones se aplica un voltaje de valor reducido a los devanados de alto voltaje y se mide el voltaje entre los terminales libres del lado de bajo voltaje. Si el voltímetro indica cero o un valor mínimo, la polaridad de ambos transformadores será la misma

- **Tipos de polaridad en transformadores monofásicos.**

Polaridad aditiva: Este proceso se lleva al cabo cuando el bobinado secundario está arrollado en el mismo sentido que el bobinado primario del transformador. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en el mismo sentido y se sumen. En el caso del TTR la polaridad expresa el resultado como 1PHO.

Polaridad sustractiva: Este proceso se lleva al cabo cuando el bobinado secundario está arrollado en sentido opuesto que el bobinado primario del transformador. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en sentido opuesto y se resten. En el caso del TTR la polaridad expresa el resultado como 1PH6.

FIGURA 1. 10. TIPOS DE POLARIDAD DE LOS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.



Fuente: (NTE INEN 2117 (1998) Verificación de la polaridad y desplazamiento angular

1.3.1.1.3 Medición de los voltajes de cortocircuito.

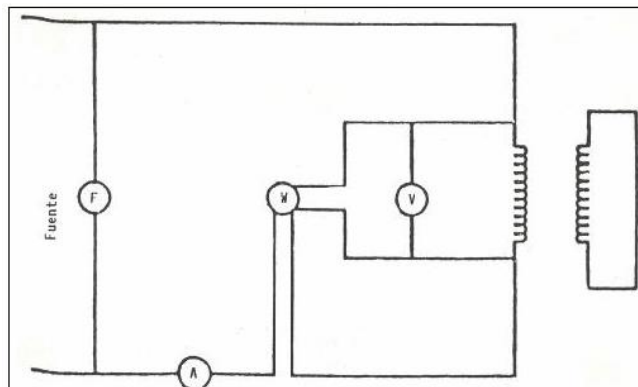
Prueba de voltaje de cortocircuito para transformadores monofásicos de dos devanados.

Uno de los devanados del transformador (del lado de alto voltaje o del lado de bajo voltaje) debe ponerse en cortocircuito y se aplica al otro devanado un voltaje a frecuencia nominal, el cual se ajusta para que circule la corriente nominal por los devanados (figura 1.11). En caso de que no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% de I_n , corrigiendo el valor obtenido. La prueba debe realizarse sobre la derivación principal.

Con la corriente y frecuencia ajustadas a los valores de prueba, se toman lecturas en el amperímetro, vatímetro, voltímetro y frecuencímetro.

Se desconecta el transformador bajo prueba y se lee en el vatímetro la potencia consumida, la cual representa las pérdidas en el equipo de medida.

FIGURA 1. 11. PRUEBA DE VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.



Fuente: NTE INEN 2129 (1998) Determinación del voltaje de cortocircuito.

La temperatura del devanado debe tomarse antes y después de la medida del voltaje de cortocircuito; el promedio se toma como el valor verdadero. La temperatura del devanado antes de la prueba se considera igual a la temperatura del aceite, cuando el transformador no ha sido excitado por lo menos 8 horas antes de la prueba.

El conductor usado para poner en cortocircuito transformadores de alta corriente y bajo voltaje, debe tener una sección transversal igual o mayor que aquella de los conductores terminales del devanado correspondiente, debe ser tan corto como sea posible y mantenerse retirado de masas magnéticas. Los contactos deben estar limpios y bien ajustados.

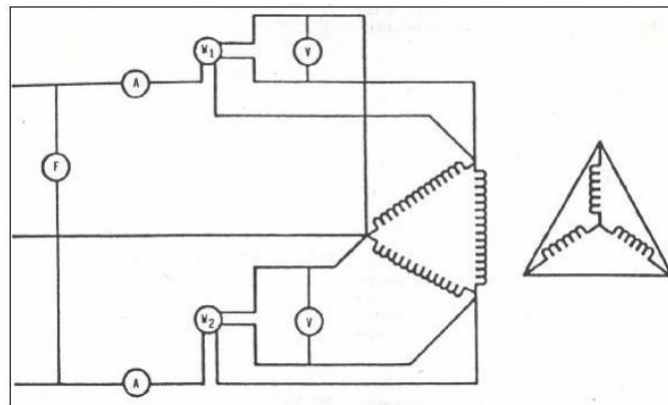
Las pérdidas I^2R de los dos devanados se pueden calcular con la resistencia medida (corregida para la temperatura a la cual se realiza la prueba) y la corriente utilizada en la prueba.

Prueba de voltaje de cortocircuito de transformadores trifásicos con voltaje trifásico.

Según la NTE INEN 2129 (1998), manifiesta que: “Los tres terminales del devanado de alto voltaje o bajo voltaje deben unirse rígidamente y se aplica a los

terminales del otro devanado, un voltaje trifásico balanceado de frecuencia nominal y valor adecuado con el fin de hacer circular la corriente nominal.” Pág. 4.

FIGURA 1. 12. PRUEBA DE VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.



Fuente: NTE INEN 2129 (1998) Determinación del voltaje de cortocircuito.

El procedimiento es similar al seguido para transformadores monofásicos, excepto que las conexiones y medidas son trifásicas en lugar de monofásicas. Las lecturas de los vatímetros deben ser aproximadamente iguales y deben sumarse algebraicamente sus valores para obtener las pérdidas totales. Si las tres corrientes de línea no pueden ser balanceadas, se toman los valores eficaces promedios.

1.3.1.1.4 Medición de las pérdidas con carga

Determinación de las pérdidas en el cobre

Como el voltaje de cortocircuito es mucho menor al nominal, también lo será la inducción en el núcleo y este opera en la zona lineal de la curva de magnetización. Un transformador en cortocircuito se comporta linealmente. Por lo tanto si el ensayo se realiza a una corriente inferior a la nominal, se puede obtener los valores correspondientes a la corriente nominal haciendo las proporciones que corresponden a un circuito de parámetros constantes.

$$V_{cc} = (I_n / I_1) \times V_{cc \text{ medida}} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$P_{cc} = (I_{1n} / I_1)^2 \times P_{cc} \text{ medida} \quad (\text{Ec. 4})$$

I_1 = Corriente utilizada en el ensayo (A).

V_{cc} = Voltaje de cortocircuito (V).

I_{1n} = Corriente nominal del primario (A).

P_{cc} = Pérdidas de cortocircuito (W).

Constante térmica de los devanados:

234,5: para devanados de cobre.

225: para devanados de aluminio.

1.3.1.1.5 Medición de las pérdidas sin carga (en vacío) y corriente de excitación.

Se puede determinar las pérdidas en el hierro (en vacío) de un transformador, así:

- **Las pérdidas en el hierro (PFe).**

Según Alcalde, Miguel (2005), manifiesta que: “Esta potencia será la suma de las pérdidas en vacío producidas en los conductores de cobre de la bobina por efecto joule ($P_{ocu} = R_1 (I_0)^2$) más las originadas en el hierro por efecto de las corrientes parasitas y por histéresis. Como la corriente I_0 es muy pequeña, se puede considerar que las pérdidas en el cobre en vacío son prácticamente despreciables a las del hierro. Por otro lado, las pérdidas en el hierro dependen sobre todo del flujo magnético, que como ya hemos visto permanece prácticamente constante en carga y en vacío, ya que su valor depende del voltaje de la red U_2 .” Pág. 410.

Los investigadores están de acuerdo con la definición, ya que las pérdidas en el hierro son originadas por efecto de las corrientes parasitas y por histéresis.

El vatímetro nos indica la potencia de vacío (P_0), que será igual a:

$$P_o = U_2 I_o \cos\phi_0 \quad (\text{Ec. 5})$$

P_o = Pérdidas en el hierro (W).

U_2 = Voltaje nominal en el secundario (V).

I_o = Corriente en vacío (A).

$\cos\phi_0$ = Factor de potencia.

A continuación se expone en las Tablas 1.1 Y 1.2 con los valores de corriente sin carga, pérdidas y voltajes de cortocircuito que consta en la NTE INEN 2114 Y 2115 de los transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

TABLA 1. 1. VALORES DE ACEPTACIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.

TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE 3 A 333 KVA, CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 Kv f-f/ CLASE BAJO VOLTAJE ≤ 1.2 Kv f-f REFERIDOS A 85° C					
POTENCIA KVA	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	U_{Zn}
3	2.5	21	70	91	3.0
5	2.5	31	91	122	3.0
10	2.5	52	142	194	3.0
15	2.4	68	192	260	3.0
25	2.0	98	289	387	3.0
37,5	2.0	130	403	533	3.0
50	1.9	160	512	672	3.0
75	1.7	214	713	927	3.0
100	1.6	263	897	1160	3.0
167*	1.5	379	1360	1739	3.0

Fuente: NTE INEN 2114.

* Para potencias entre 167 kva y 333 kva, las pérdidas se determinarán en común acuerdo entre fabricante y comprador.

TABLA 1. 2. VALORES DE ACEPTACIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS, CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 Kv CLASE BAJO VOLTAJE ≤ 1.2 Kv REFERIDOS A 85° C					
POTENCIA A KVA	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	UZ n
15	4.4	80	313	393	3.0
30	3.6	134	514	648	3.0
45	3.6	182	711	893	3.0
50	3.4	197	776	973	3.0
75	2.6	266	1094	1360	3.5
100	2.6	330	1393	1723	3.5
112.5	2.6	361	1539	1900	3.5
125	2.6	390	1682	2072	3.5
225	2.1	618	2892	3510	4.0
250	2.1	666	3153	3819	4.0
300	2.0	758	3677	4435	4.5
350	2.0	846	4200	5046	4.5
500	1.7	1090	5770	6860	5.0
800	1.6	1521	8909	10430	5.0

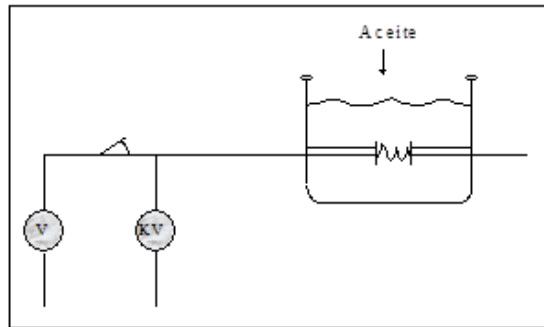
Fuente: NTE INEN 2115.

1.3.1.1.6 Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite.

Es una prueba que muestra la presencia de agentes contaminantes (agua, polvo, partículas conductoras) en el aceite, las cuales pueden ser representativas si se presentan valores bajos de rigidez. Cuando un aceite está muy contaminado tiende a presentar valores bajos de rigidez los cuales disminuyen el aislamiento del

transformador. La prueba consiste en aplicar un voltaje de corriente alterna (C.A.) entre dos electrodos sumergidos en aceite dependiendo de la norma a ser utilizada. Esquemáticamente:

FIGURA 1. 13. DIAGRAMA DE PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE DEL TRANSFORMADOR

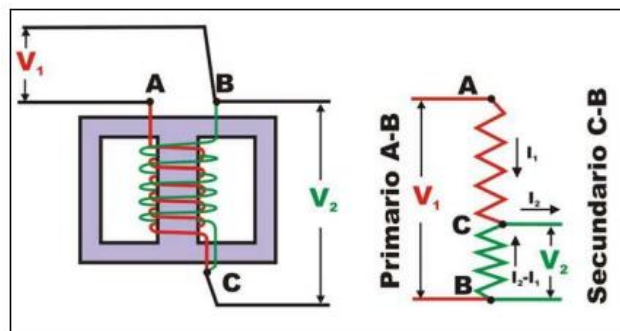


Fuente: www.taringa.net/posts/apuntes-y.../Prueba-de-rigidez-dielectrica.html

1.3.2 Autotransformador.

El autotransformador posee un único devanado alrededor de un núcleo ferromagnético, dicho devanado debe tener al menos tres puntos de conexión eléctrica, la fuente de voltaje y la carga se conectan a dos salidas, mientras que una toma (la del extremo del devanado) es una conexión común a ambos circuitos eléctricos (fuente y carga). Cada toma corresponde a un voltaje diferente de la fuente (o de la carga, dependiendo del caso).

FIGURA 1. 14. AUTOTRANSFORMADOR.



Fuente: Educar Chile. Recursos conceptuales. Transformadores. 2009.

1.3.2.1 Constitución general de un autotransformador.

Según Educator Chile (2009), manifiesta que: “La construcción de un autotransformador es similar a la de un transformador, pero entre ambas clases de máquinas existe una diferencia esencial derivada de que en el transformador cada fase tiene dos bobinados independientes, uno de alta tensión y otro de baja, mientras que en el autotransformador cada fase dispone de un solo bobinado con tres bornes de salida.” Pág. 24.

Está constituida por las dos bobinas independientes que se indican a continuación:

- **Bobina común.-** Según Educator Chile (2009), manifiesta que: “Formada por un elevado número de espiras, ya que debe estar calculado para la tensión secundaria. El conductor de la bobina común es de poca sección, sólo la necesaria para permitir el paso de una corriente, cuya intensidad es igual a la diferencia entre las corrientes secundaria y primaria.” Pág. 24.
- **Bobina serie.-** Según Educator Chile (2009), manifiesta que: “Formada por un número de espiras N_1 pequeño, ya que ha de estar prevista para una tensión diferente de las tensiones primaria y secundaria. La sección de conductor de la bobina serie ha de ser grande, ya que queda recorrida por la corriente total absorbida por el autotransformador de la línea de alimentación.” Pág. 24.

Los investigadores están de acuerdo con la definición, ya que el autotransformador cada fase dispone de un solo bobinado con tres bornes de salida que se puede aumentar y/o reducir voltaje, corriente. Está formado por una bobina común y en serie.

1.4 Riesgo eléctrico y seguridad

1.4.1 El riesgo eléctrico

Se puede definir el riesgo eléctrico, como: La posibilidad de que una persona sufra un determinado daño, originado por el uso de la energía eléctrica. Por otra parte se denomina riesgo eléctrico al riesgo originado por la energía eléctrica.

1.4.1.1 Tipos de riesgos eléctricos

Contactos directos.- Son los contactos de personas con partes activas de materiales y equipos. Denominándose parte activa al conjunto de conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

Los contactos directos pueden establecerse de tres formas:

- Contacto directo con dos conductores activos (línea - línea).
- Contacto directo con un conductor activo (línea - tierra).
- Descarga por inducción. Son aquellos accidentes en los que se produce un choque eléctrico sin que la persona haya tocado físicamente parte metálica o en tensión de una instalación.

Contactos indirectos. Son los contactos de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión. Se produce cuando un individuo entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente. Para que se produzca un contacto indirecto es necesario que se produzca un defecto de aislamiento entre las partes activas de la instalación y una masa, lo que origina que ésta se ponga accidentalmente bajo tensión.

Choques eléctricos. El choque eléctrico es la estimulación física que ocurre cuando la corriente eléctrica circula por el cuerpo. El efecto que tiene depende de la magnitud de la corriente y de las condiciones físicas de la persona.

Las corrientes muy elevadas, si bien no producen fibrilación, son peligrosas debido a que generan quemaduras de tejidos y órganos debido al calentamiento. Si la energía eléctrica transformada en calor en el cuerpo humano es elevada, el calentamiento puede ocasionar daños graves en órganos vitales.

1.4.2 Seguridad

1.4.2.1 Las cinco reglas de oro

- ✓ Desconectar la parte de la instalación en la que se va a trabajar aislándola de todas las posibles fuentes de tensión.
- ✓ Prevenir cualquier posible realimentación, preferiblemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
- ✓ Verificar la ausencia de tensión en todos los elementos activos de la zona de trabajo.
- ✓ Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión. En instalaciones de baja tensión sólo será obligatorio si por inducción u otras razones, pueden ponerse accidentalmente en tensión.
- ✓ Proteger la zona de trabajo frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitarla.

CAPITULO II

2 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1 Aspectos generales de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.1.1 Antecedentes Históricos

En Cotopaxi el anhelado sueño de tener una institución de Educación Superior se alcanza el 24 de enero de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible, después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la Extensión que creó la Universidad Técnica del Norte.

La Carrera de Ingeniería Eléctrica forma profesionales integrales, cuyos conocimientos se desarrollan en los ámbitos de la operación, planificación, diseño y construcción de sistemas eléctricos; están capacitados para desenvolverse de manera eficiente en cada una las áreas mencionadas.

El Ingeniero Eléctrico tiene una base sólida de formación técnica y administrativa, puede desempeñarse en el sector público como privado, enfocado en la administración y manejo de los sistemas eléctricos de potencia y distribución,

asegurando su adecuado funcionamiento. Se adapta a los cambios y condiciones del entorno, orientado al fortalecimiento de la matriz energética con un criterio de desarrollo sostenible y sustentable, además tiene la capacidad del manejo de energías convencionales y no convencionales, la misma que permita aportar al buen vivir de la sociedad.

El Laboratorio de Ingeniería Eléctrica está siendo sujeto al desarrollo de la Universidad, con la implementación a años anteriores de diferentes materiales con relación a la carrera con el fin de que los docentes y estudiantes ejerzan sus prácticas relacionadas con la profesión, para con ello realizar ciencia y tecnología en dicha institución.

2.2 Diseño metodológico

2.2.1 Metodología de investigación

El presente proyecto empleó la siguiente metodología de investigación para la elaboración del mismo:

2.2.1.1 Investigación Bibliográfica y documental.

Esta modalidad de investigación permitió recopilar la información necesaria acerca del tema planteado, para familiarizarse con los conceptos, postulados y términos básicos que hacen referencia a la manipulación, armado y ejecución de pruebas o prácticas en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica, a través de libros, textos, módulos, revistas e internet, así como documentos fidedignos para estructurar un argumento que respalde el proyecto.

2.2.1.2 Investigación de campo.

Esta modalidad de investigación permitió evaluar el lugar donde se encuentran ubicados los equipos, la infraestructura con la que cuenta el laboratorio de alto

voltaje de la carrera de Ingeniería de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el cual se llevan a cabo los procesos de armado, manipulación y ejecución de las prácticas referentes a la carrera, además de reconocer los principales factores existentes en cuanto a carencia o debilidades de los respaldos técnicos necesarios para la realización de las mismas, añadiendo también la forma de enseñanza pedagógica de los docentes hacia los estudiantes mediante la praxis.

2.2.2 Tipo de investigación.

2.2.2.1 Investigación de tipo exploratoria.

Por otra parte, se recurrió también a este tipo de investigación, con la finalidad de reconocer los factores intervinientes en la generación o probabilidad de accidentes en los estudiantes por una inadecuada manipulación o ejecución de los equipos de Alto Voltaje y el daño que pueden sufrir los instrumentos en las prácticas de laboratorio, al no contar con una guía o instructivo donde se especifique los debidos procesos para su utilización.

2.2.2.2 Investigación descriptiva.

Se utilizó también la investigación descriptiva en los predios del laboratorio de Alto voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica, para establecer e identificar los procesos o prácticas que se realizan o pueden realizar en el lugar, para posteriormente tomar nota e ir explicando detalladamente a lo largo del desarrollo de esta investigación las falencias y medidas de corrección en cuanto al correcto manejo de los equipos a utilizar en las respectivas prácticas, que en este caso son las pruebas de rutina en los transformadores.

2.2.3 Técnicas de investigación.

2.2.3.1 La observación primaria

La utilización de la observación primaria permitió establecer el contacto de manera personal con el lugar investigado, analizado la infraestructura y los equipos existentes en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica, lo que ayudó a establecer criterios para la elaboración de guías seguras para prácticas en el mismo.

2.2.3.2 La encuesta

La encuesta es una herramienta investigativa que permitió conocer la opinión de los encuestados, dando una mayor amplitud visual a los investigadores sobre las referencias y datos necesarios en el tema planteado a través de la aplicación de un cuestionario estandarizado de preguntas cerradas.

2.3 Universo, población y muestra

Para el presente proyecto el universo es la población se tomó en cuenta a un total de 60 estudiantes del sexto, séptimo, octavo y noveno nivel de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, puesto que son ellos quienes tienen más acceso al laboratorio, debido a la malla curricular que reciben y a la cantidad de materias referente a la misma.

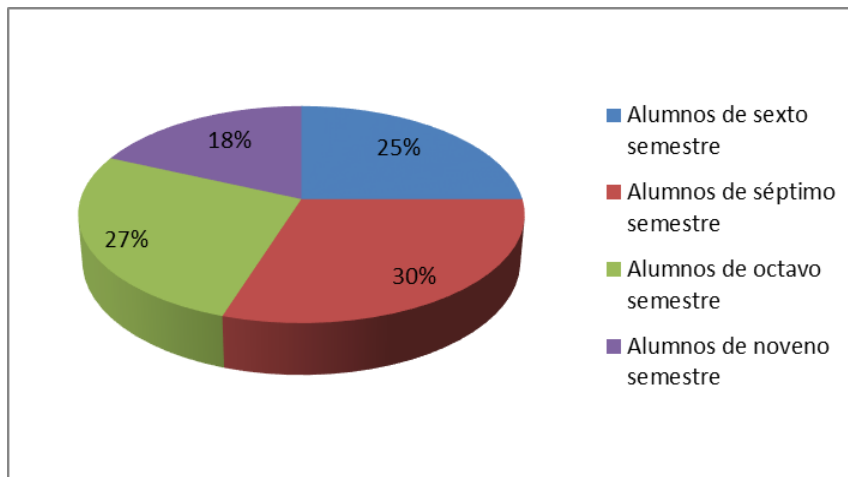
Debido al número de personas en la población, no se aplicó una muestra porcentual, pues se consideró un número manejable de los individuos y se utilizó una encuesta.

TABLA 2. 1. POBLACIÓN CONSIDERADA PARA LA INVESTIGACIÓN.

Población	Nº	Porcentaje
Alumnos de sexto semestre	15	25%
Alumnos de séptimo semestre	18	30%
Alumnos de octavo semestre	16	27%
Alumnos de noveno semestre	11	18%
Total	60	100%

Fuente: Sistema de la UTC.

FIGURA 2. 1. POBLACIÓN CONSIDERADA PARA LA INVESTIGACIÓN.



Fuente: Sistema de la UTC.

2.4 Análisis e interpretación de resultados

El procesamiento y análisis de datos fue realizado con la finalidad de cuantificar los criterios emitidos por los encuestados de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en cuanto al tema planteado sobre la implantación de guías prácticas seguras para optimizar el laboratorio antes

mencionado, evitando así daños en los equipos, probabilidad de accidentes o incidentes y mejorando el aprendizaje de los estudiantes.

Posteriormente se procesó la información obtenida mediante fórmulas estadísticas que permitieron establecer porcentajes globales de la población analizada mediante programas informáticos como Word y Excel. Para finalmente emitir la factibilidad y establecer la propuesta de elaboración guías, para el desarrollo de procedimientos prácticos seguros en la carrera de ingeniería eléctrica.

2.4.1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta dirigida a los Sres. Estudiantes de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

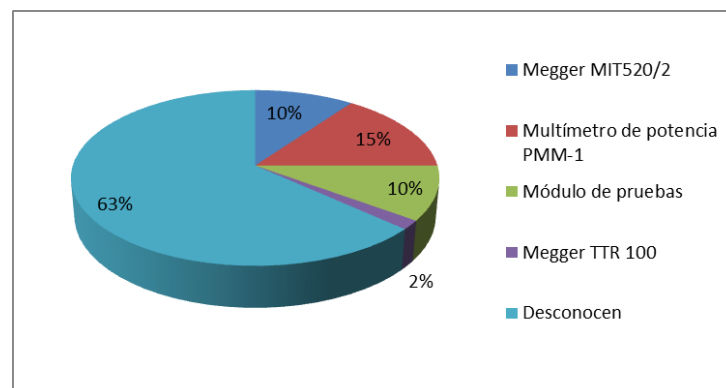
Para este caso se aplicó la encuesta mediante la elaboración de un cuestionario de preguntas cerradas con la finalidad de obtener una clara sistematización de los datos de los individuos encuestados dentro de la investigación. Una vez que se llevó a cabo la técnica de la encuesta aplicada a los Sres. estudiantes de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica mediante el respectivo cuestionario de preguntas antes mencionado, se procedió a la realización del análisis e interpretación de los resultados obtenidos para establecer el contexto real acerca del tema investigado mediante las respuestas de los mismos, obteniendo los siguientes resultados.

1.- ¿Conoce usted el funcionamiento de los siguientes equipos existentes en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica?

TABLA 2. 2. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Megger MIT520/2	6	10%
Multímetro de potencia PMM-1	9	15%
Módulo de pruebas	6	10%
Megger TTR 100	1	2%
Desconocen	38	63%
Total	60	100%

FIGURA 2. 2. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- De acuerdo a la encuesta realizada a los alumnos de la carrera de Ingeniería Eléctrica, el 63% correspondiente a 38 personas encuestadas manifiestan que desconocen el funcionamiento de los equipos existentes en el laboratorio. Por otra parte apenas 37% correspondiente a 22 de los alumnos manifiestan conocer alguno de los equipos existentes antes mencionados.

Interpretación. De acuerdo al análisis establecido se determinó que gran parte de los alumnos encuestados manifiestan desconocer el funcionamiento de los equipos existentes en el laboratorio, razón por la cual se puede determinar que no se utilizan con frecuencia estos equipos para las prácticas en el laboratorio de alto

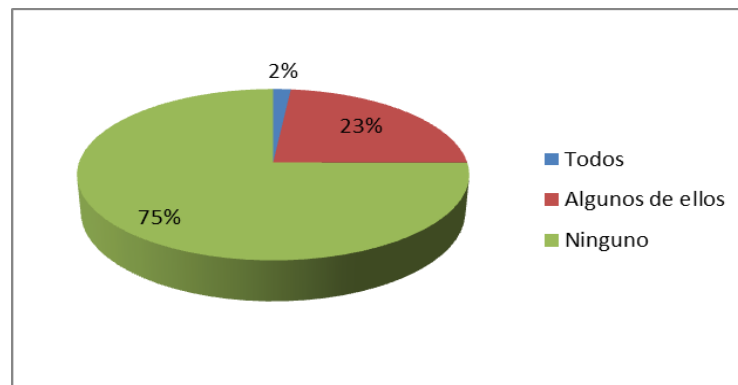
voltaje de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.- ¿Ha manejado o utilizado usted en alguna práctica de laboratorio algunos de los equipos antes mencionados?

TABLA 2. 3. UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA PRÁCTICA.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Todos	1	2%
Algunos de ellos	14	23%
Ninguno	45	75%
TOTAL	60	100%

FIGURA 2. 3. UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA PRÁCTICA.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- Según la encuesta realizada a los alumnos de la carrera de Ingeniería Eléctrica, el 75 % de los encuestados expresan desconocer el manejo de ninguno de los equipos existentes en el laboratorio, por otra parte el 23% de los alumnos manifiestan que han manipulado algunos de ellos, y por último apenas el 2% de los encuestados revelan que han manejado en alguna práctica de laboratorio todos los equipos existentes en el mismo.

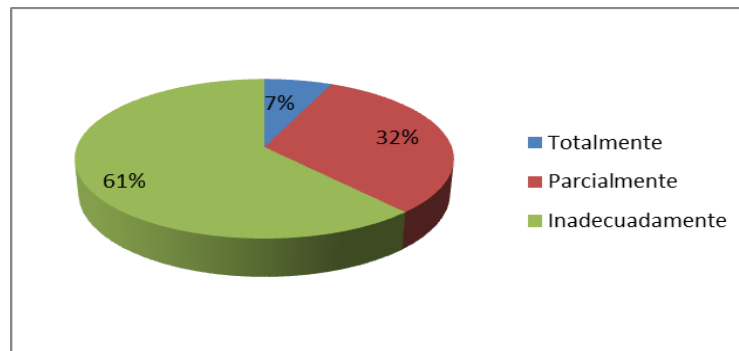
Interpretación.- Se puede determinar mediante el análisis planteado que gran parte de los alumnos encuestados no tienen contacto práctico con los equipos existentes en el laboratorio de alto voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi, reflejando así la poca praxis en su preparación académica.

3.- ¿Cree usted que se utiliza adecuadamente los equipos de laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica?

TABLA 2. 4. APROPIADO USO DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Totalmente	4	7%
Parcialmente	19	32 %
Inadecuadamente	37	61 %
TOTAL	60	100%

FIGURA 2. 4. APROPIADO USO DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- De acuerdo en encuesta realizada a los alumnos de la carrera de ingeniería eléctrica, el 61% correspondiente a 37 de los mismo mencionan que se utilizan inadecuadamente los equipos de laboratorio de alto voltaje, por otra parte el 32 % equivalente a 19 dicen que se utilizan parcialmente los equipos de laboratorio de alto voltaje, mientras que apenas el 7% correspondiente a 4 encuestados mencionan que se utilizan adecuada y totalmente los equipos de laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica.

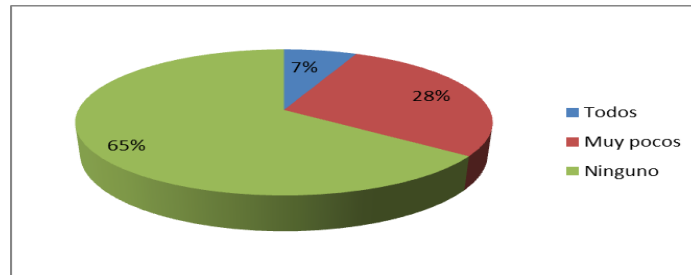
Interpretación.- En el análisis realizado podemos establecer que la mayor parte de los alumnos encuestados revelan que los equipos de laboratorio no tienen un adecuado uso, pues aún no se han puesto para la utilización práctica de los estudiantes en el laboratorio.

4.- ¿Conoce usted si los equipos del laboratorio de alto voltaje cuentan con sus respectivos manuales de operación para su correcta utilización y manipulación en el desarrollo de prácticas?

TABLA 2. 5. EXISTENCIA DE MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Todos	4	7%
Muy pocos	17	28%
Ninguno	39	65%
Total	60	100%

FIGURA 2. 5. EXISTENCIA DE MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- Los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos de la carrera de ingeniería eléctrica nos dan a conocer que el 65% equivalente a 39 de los encuestados manifiestan que ninguno de los equipos existentes en el laboratorio de alto voltaje tiene su respectivo manual de operación, por otra parte el 28% de ellos correspondiente a 17 consideran que muy pocos equipos tienen su respectivo manual de operación en el laboratorio, y apenas el 7% de los encuestados revelan que todos los equipos existentes en laboratorio alto voltaje tienen su respectivo manual de operación.

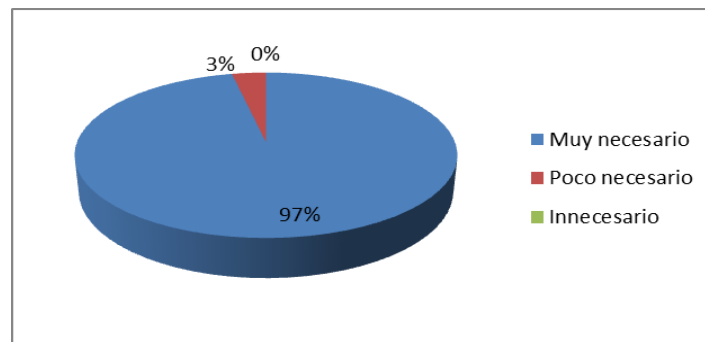
Interpretación.- Se puede determinar mediante el análisis que los alumnos encuestados manifiestan que gran parte de los equipos que utilizan en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica, no cuentan con su respectiva guía o manual de operación, lo que ocasiona una mayor probabilidad de que se cometa algún tipo de error en cuanto al armado, ejecución y manipulación de los mismos en las prácticas.

5.- ¿Considera usted necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica?

TABLA 2. 6. CALIFICACIÓN DE ACCIONAMIENTOS DE LOS EQUIPOS.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Muy necesario	58	97%
Poco necesario	2	3%
Innecesario	0	0%
Total	60	100%

FIGURA 2. 6. CALIFICACIÓN DE ACCIONAMIENTOS DE LOS EQUIPOS.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- Los resultados de la encuesta nos dan a conocer que el 97% de los encuestados consideran que es muy necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica, mientras que apenas el 3% de ellos mencionan que es poco necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica.

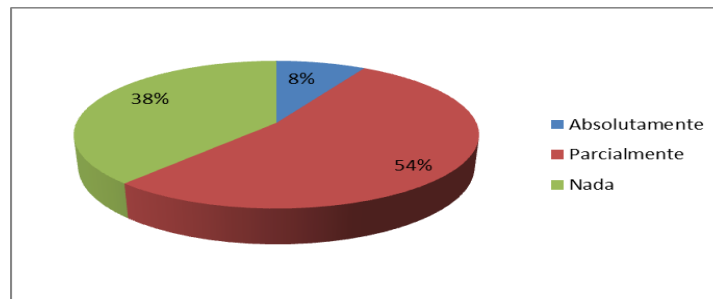
Interpretación.- En su totalidad los estudiantes mencionan que es muy importante y necesario tener en cuenta o conocer los principales procesos prácticos que tienen cada uno de los equipos existentes en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica.

6.- ¿Existe la publicación de las normas de seguridad eléctricas visibles para el manejo de equipos dentro del laboratorio?

TABLA 2. 7. TIPO DE RIESGO CON MAYOR FRECUENCIA DE ACCIDENTES.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Absolutamente	5	8%
Parcialmente	32	38%
Nada	23	54%
Total	60	100%

FIGURA 2. 7. TIPO DE RIESGO CON MAYOR FRECUENCIA DE ACCIDENTES.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- Una vez aplicada la encuesta a los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica, se obtuvo que el 54% de ellos equivalente a 32 personas consideran que no se encuentran visibles o se mencionan las normas de seguridad eléctricas para el manejo de los equipos de laboratorio, por otra parte el 38% de los encuestados correspondiente a 23 de ellos consideran que parcialmente se encuentran visibles o se mencionan en alguna parte de laboratorio las normas de seguridad eléctrica para el manejo de los equipos en el mismo. Por último apenas el 8% de los encuestados consideran que se mencionan y se encuentran visibles las normas de seguridad eléctricas de los equipos.

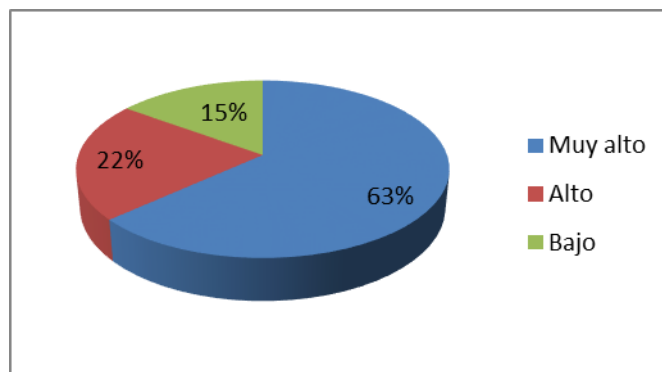
Interpretación.- Según los resultados del análisis realizado se obtuvo que los alumnos consideran que las normas de seguridad eléctrica para la utilización de los equipos no se encuentran visibles o mencionadas en el laboratorio, lo que podría ocasionar algún tipo de accidente o incidente al momento de realizar una práctica.

7) ¿Conoce usted el grado de peligrosidad que existe al realizar las prácticas con los equipos del laboratorio de alto voltaje?

TABLA 2. 8. GRADO DE PELIGROSIDAD.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Muy alto	38	63%
Alto	13	22%
Bajo	9	15%
Total	60	100%

FIGURA 2. 8. GRADO DE PELIGROSIDAD.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.
Elaborado por: Los Investigadores.

Análisis.- Mediante la aplicación de la encuesta realizada a los alumnos de la carrera de ingeniería eléctrica se obtuvo que el 63% de los encuestados manifiesten que el grado de peligrosidad al realizar las prácticas con los equipos del laboratorio de alto voltaje es muy alto, por otro lado el 22% de los encuestados considera que el grado de peligrosidad al realizar las prácticas con los equipos del laboratorio de alto voltaje es alto, y apenas el 15% de los estudiantes encuestados considera que este riesgo es bajo.

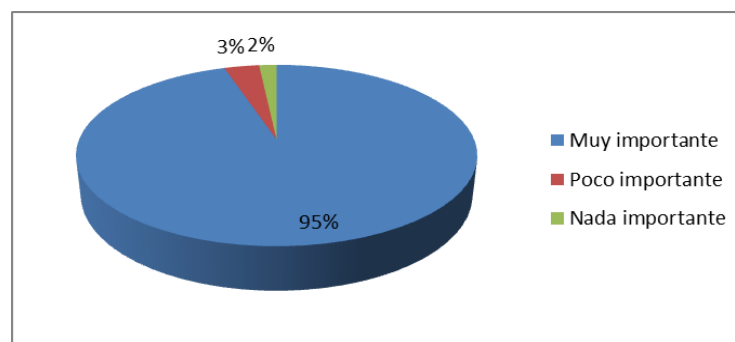
Interpretación.- Se determinó según el análisis realizado se obtuvo que gran parte de los estudiantes encuestados consideran que es un riesgo muy alto en cuanto a la peligrosidad para la realización de las prácticas de laboratorio, puesto que se trabaja con voltajes elevados, sobre todo cuando se realizan pruebas de rutina en los transformadores.

8.- ¿Qué tan importante considera usted la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de eléctrica para mejorar el aprendizaje de los alumnos y prevenir daños en los equipos?

TABLA 2. 9. IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Muy importante	57	95
Poco importante	2	3
Nada importante	1	2
Total	60	100%

FIGURA 2. 9. IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS.



Fuente: Alumnos de sexto, séptimo, octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Análisis.- En la encuesta realizada a los alumnos de la carrera de ingeniería eléctrica se estableció que el 97% de ellos equivalente a 57 encuestados manifiestan es muy importante la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de eléctrica para mejorar el aprendizaje de los alumnos y prevenir daños en los equipos.

Interpretación.- En su totalidad los alumnos de la carrera de ingeniería eléctrica encuestados manifestaron que la implementación de guías para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan en el laboratorio será muy importantes, pues ayudarán a prevenir daños en los equipos y mejorar el nivel de seguridad para los ejecutantes de las prácticas.

2.5 Verificación de la hipótesis

Los equipos de Alto Voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica, se encuentran entregando valores de medición adecuados y se pueden ser utilizadas para el desarrollo de pruebas de rutina de transformadores, que permitan al estudiante relacionar lo revisado en clases con la práctica.

2.5.1 Formulación de la Hipótesis

H0: Hipótesis Nula.

H1: Hipótesis de Trabajo.

H0: Los equipos de Alto Voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica, **NO** se encuentran entregando valores de medición adecuados y se pueden ser utilizadas para el desarrollo de pruebas de rutina de transformadores, que permitan al estudiante relacionar lo revisado en clases con la práctica.

H1: Los equipos de Alto Voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica, **SI** se encuentran entregando valores de medición adecuados y se pueden ser utilizadas para el desarrollo de pruebas de rutina de transformadores, que permitan al estudiante relacionar lo revisado en clases con la práctica.

Definición del nivel de significación.

El nivel de significación es del 5% que representa al 0.05

El nivel de confiabilidad es del 95% que representa al 0.95

Elección de la prueba estadística.

Para la verificación de la hipótesis se escogió la prueba del Chi Cuadrado, cuya fórmula es la siguiente:

$$X^2 = \frac{\sum (fo - fe)^2}{fe} \quad (\text{Ec. 6})$$

En donde:

fo = Frecuencia observada.

fe = Frecuencia esperada.

Recolección de datos y cálculos estadísticos.

Frecuencias observadas.

TABLA 2. 10 FRECUENCIAS OBSERVADAS.

FRECUENCIAS OBSERVADAS				
	Mucho	Poco	Nada	TOTAL
Pregunta # 2.- ¿Ha manejado o utilizado usted en alguna práctica de laboratorio algunos de los equipos antes mencionados?	1	14	45	60
Pregunta # 5.- ¿Considera usted necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica?	58	2	0	60
Pregunta # 8.- ¿Qué tan importante considera usted la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de eléctrica para mejorar el aprendizaje de los alumnos y prevenir daños en los equipos?	57	2	1	60
TOTAL	116	18	46	180

Fuente: Los Investigadores.

Grado de libertad.

$$gl = (\# \text{ Filas} - 1) * (\# \text{ Columnas} - 1) \quad (\text{Ec. 7})$$

$$gl = (3 - 1) * (3 - 1)$$

$$gl = 4$$

Modelo Matemático.

Fo= Frecuencias Observadas

Fe= Frecuencias Esperadas

$$H_0 = F_o = F_e \quad (\text{Ec. 8})$$

$$H_1 = F_o \neq F_e \quad (\text{Ec. 9})$$

Frecuencias esperadas.

TABLA 2. 11 FRECUENCIAS ESPERADAS

FRECUENCIAS ESPERADAS				
	Mucho	Poco	Nada	TOTAL
Pregunta # 2.- ¿Ha manejado o utilizado usted en alguna práctica de laboratorio algunos de los equipos antes mencionados?	38,66	6	15,33	60
Pregunta # 5.- ¿Considera usted necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica?	38,66	6	15,33	60
Pregunta # 8.- ¿Qué tan importante considera usted la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de eléctrica para mejorar el aprendizaje de los alumnos y prevenir daños en los equipos?	38,66	6	15,33	60
TOTAL	116	18	46	180

Fuente: Los Investigadores.

Cálculo del Chi Cuadrado.

TABLA 2. 12 CALCULO DEL CHI CUADRADO

CALCULO DEL CHI CUADRADO				
fo	fe	(fo-fe)	(fo-fe)²	(fo-fe)²/fe
1	38,67	-37,67	1418,78	36,69
14	6,00	8,00	64,00	10,67
45	15,33	29,67	880,11	57,40
58	38,67	19,33	373,78	9,67
2	6,00	-4,00	16,00	2,67
0	15,33	-15,33	235,11	15,33
57	38,67	18,33	336,11	8,69
2	6,00	-4,00	16,00	2,67
1	15,33	-14,33	205,44	13,40
			X²	157,18

Fuente: Los Investigadores.

TABLA 2. 13 DISTRIBUCION DEL CHI-CUADRADO

Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el Chi Cuadrado tabulado.									
gl	0.001	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9	0.95
1	10.827	5.024	3.841	2.706	1.323	0.455	0.102	0.016	0.004
2	13.815	7.378	5.991	4.605	2.773	1.386	0.575	0.211	0.103
3	16.266	9.348	7.815	6.251	4.108	2.366	1.213	0.584	0.352
4	18.466	11.143	9.488	7.779	5.385	3.357	1.923	1.064	0.711
5	20.515	12.832	11.07	9.236	6.626	4.351	2.675	1.61	1.145
6	22.457	14.449	12.592	10.645	7.841	5.348	3.455	2.204	1.635
7	24.321	16.013	14.067	12.017	9.037	6.346	4.255	2.833	2.167
8	26.124	17.535	15.507	13.362	10.219	7.344	5.071	3.49	2.733
9	27.877	19.023	16.919	14.684	11.389	8.343	5.899	4.168	3.325
10	29.588	20.483	18.307	15.987	12.549	9.342	6.737	4.865	3.94
11	31.264	21.92	19.675	17.275	13.701	10.341	7.584	5.578	4.575
12	32.909	23.337	21.026	18.549	14.845	11.34	8.438	6.304	5.226
13	34.527	24.736	22.362	19.812	15.984	12.34	9.299	7.041	5.892
14	36.124	26.119	23.685	21.064	17.117	13.339	10.165	7.79	6.571
15	37.698	27.488	24.996	22.307	18.245	14.339	11.037	8.547	7.261

Fuente: Martin Andrés, Bioestadística (2004).

Regla de Decisión

$$X^2_c = 157.18$$

$$X^2_t = 9.488$$

$$157.18 > 9.488$$

$X^2_c > X^2_t$ (valor crítico) \rightarrow Se rechaza H_0 y se acepta H_1 . **(Ec. 10)**

De acuerdo a las regiones planteadas, Como el valor calculado es mayor que el valor de la tabla y cae en la zona de rechazo, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice:

Los equipos de Alto Voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica, **SI** se encuentran entregando valores de medición adecuados y se pueden ser utilizadas para el desarrollo de pruebas de rutina de transformadores, que permitan al estudiante relacionar lo revisado en clases con la práctica.

2.6 Operacionalización de Variables

2.6.1 Operacionalización de la variable independiente:

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La optimización del laboratorio de equipos de alto voltaje, mediante la implementación de guías.	<p>Procedimientos prácticos</p> <p>Equipos disponibles para prácticas</p> <p>Condiciones del Laboratorio</p>	<p>Manipulación de los equipos</p> <p>Conocimiento de procedimientos seguros.</p> <p>Armado y ensamblaje de los sistemas o circuitos de prueba con los equipos</p>	<p>¿Conoce usted si los equipos del laboratorio de alto voltaje cuentan con sus respectivos manuales de operación para su correcta utilización y manipulación en el desarrollo de prácticas?</p> <p>¿Conoce usted el grado de peligrosidad que existe al realizar las prácticas con los equipos del laboratorio de alto voltaje?</p>	<p>Encuesta, Observación</p>

2.6.2 Operacionalización de la variable dependiente:

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El desarrollo de procedimientos prácticos seguros en la carrera de Ingeniería Eléctrica	Guías de Procedimientos.	Mejoramiento del desempeño de los equipos. Utilización de equipos y mejoramiento de seguridad en las prácticas.	¿Considera usted necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería eléctrica? ¿Qué tan importante considera usted la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de eléctrica?	Encuesta, Observación

2.7 Características y funcionamientos de los equipos.

2.7.1 Características de los equipos.

Se recopila la información de cada uno de los equipos, del laboratorio de Alto Voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi, utilizando la observación como técnica de investigación, aplicando a la página de los equipos marca Megger, se puede conocer que durante más de 100 años, Megger ha sido el primer proveedor de equipos de pruebas eléctricas y de medición para aplicaciones de energía eléctrica. Aunque se les conoce más por su mundialmente famosa gama de medidores de aislamiento, estos productos proporcionan pruebas para las áreas de mantenimiento más críticas, entre las que se incluyen la localización de fallas en cables, las pruebas de relés de protección y de interruptores de circuitos y las pruebas de calidad de energía.

Los equipos existentes en el laboratorio de Alto Voltaje se detallan a continuación:

- Transformer Turns Ratio Tester (TTR 100).
- Probador del aislamiento (Megger MIT 520/2).
- Multímetro de Potencia (PMM-1).
- Módulo de pruebas monofásico.

2.7.1.1 Transformer Turns Ratio Tester (TTR 100).

El Megger TTR 100 es una computadora de mano automático, se utiliza para medir la relación de vueltas, la corriente de excitación, desplazamiento de fase, la resistencia de corriente continua y polaridad de los bobinados en transformadores de distribución de una y trifásicos (fase de prueba por fase), el potencial y

transformadores de corriente, transformadores y roscados. Las desviaciones en las mediciones mencionadas indicarán rápidamente los problemas en los devanados del transformador o en los circuitos de núcleo magnético.

El diseño único de la TTR100 permite al usuario para utilizar el equipo de prueba mientras la sostiene en una mano. Ningún otro equipo de prueba de transformador ofrece esta capacidad. Se elimina de manera efectiva que el usuario tenga la arrodillarse o agacharse para operar el instrumento y acelera el tiempo de prueba. Al darse cuenta de las condiciones extremas en las que el TTR100 debe operar, se ha prestado especial atención a lo que es extraordinariamente resistente, con un alto impacto, caso resistente a los golpes, pero increíblemente ligero de 3,3 libras (1,5 kg). Pesa menos que cualquier otro instrumento disponible comercialmente en el mercado.

El TTR100 viene equipado con cables especialmente diseñados que proporcionan la flexibilidad necesaria requerida en todas las condiciones meteorológicas.

Esta unidad mide la más alta relación de vueltas en la industria con una precisión de 0,1% o mejor y con la tensión de excitación más bajo. El rendimiento de ningún otro instrumento es comparable que está disponible comercialmente en la actualidad. Otra excelente característica de este TTR es la capacidad de medir con precisión la desviación de fase (en minutos o centiradians) del primario del transformador frente a secundaria. Esta medida también es útil para verificar errores de fase en PT y CT.

Características:

- Completamente automático, rápido, fácil de usar, de mano, ligero.
- Alimentación por batería con ahorro de energía y la función de apagado.
- Pruebas de relación de vueltas, desplazamiento de fase, corriente de excitación, la resistencia del devanado y la polaridad.
- Seis idiomas seleccionables por el usuario.

Ventajas:

- Más rápido, más fácil la operación de mano. El usuario ya no tiene que arrodillarse o agacharse para operar el instrumento.
- Alimentado por una batería recargable, proporciona hasta quince horas de operación de campo.
- Muestra todos los valores medidos y calculados para cada prueba incluida ratio, corriente de excitación, error de relación, la desviación del ángulo de fase, grupo vectorial del transformador, resistencia del devanado y la polaridad por lo tanto el suministro de datos completa y concluyente.

2.7.1.2 Probador del aislamiento (Megger MIT 520/2).

Este instrumento de prueba de aislamiento está diseñado para satisfacer los más altos estándares de seguridad. Además, el instrumento mide el voltaje en los terminales, y si es superior a 50 V a continuación el instrumento, aparecerá la advertencia de alto voltaje e inhiben la prueba. Al final de la prueba del instrumento se descargarán automáticamente la energía transferida al equipo durante la fase de prueba.

Características:

- Los instrumentos tienen una gran pantalla fácil de leer pantalla LCD retroiluminada por lo que es adecuado para su uso tanto en entornos de poca luz brillante luz del sol.
- La información mostrada incluye la resistencia, el voltaje, la corriente de fuga, capacitancia, estado de la batería y la constante de tiempo. Además, se muestra el tiempo transcurrido de la prueba quitando constantemente la necesidad de temporizadores separados.
- El instrumento puede realizar pruebas cuando está alimentado por la red eléctrica o la batería interna recargable, un gran beneficio cuando las

condiciones del lugar son se requiere una prueba desconocida o largo plazo.

2.7.1.3 Multímetro de Potencia (PMM-1).

Es un instrumento multifuncional de última generación para medir el voltaje en CA o CC, AC primaria y secundaria, corriente, potencia, energía reactiva, factor de potencia, ángulo de fase y frecuencia de un sistema eléctrico monofásico o trifásico. La medición precisa del ángulo de fase en los niveles actuales muy bajos, que se pueden mostrar como atraso o adelanto del ángulo de fase. Posee una característica de grabación de alta velocidad que puede capturar corrientes de arranque de motores monofásicos y trifásicos.

Todos los valores medidos se despliega en una pantalla grafica de gran visibilidad, fácil de observar y la información puede ser enviada mediante el puerto de datos RS-232 a un computador.

Aplicaciones:

- El equipo PMM-1 es un instrumento ideal para su uso en el mantenimiento general de instalaciones eléctricas, reparaciones eléctricas de la máquina, la prueba de relés de protección o en el poder de vigilancia a la entrada del servicio eléctrico.
- Este equipo está diseñado para realizar la comprobación, pruebas rápidas y precisa a equipos eléctricos para determinar el buen funcionamiento.
- Las aplicaciones que se les puede dar a este instrumento se las puede utilizar para las pruebas de relés de protección e instalaciones de medidores durante su puesta en marcha y en el mantenimiento de rutina.
- El equipo multifuncional PMM-1 nos permite realizar mediciones de corriente sin la necesidad de desconectar los cables de corriente en el normal funcionamiento del transformador.

Beneficios:

- Permite obtener datos de las mediciones realizado en tres canales independientes de voltaje y corriente con un temporizador incorporado.
- Al mismo tiempo mide y muestra el voltaje, el ángulo de corriente, fase, potencia, energía reactiva, factor de potencia y frecuencia de los sistemas monofásicos o trifásicos, con rango automático para la reducción del tiempo en que se realice la prueba determinada.

2.7.1.4 Módulo de pruebas monofásico.

En todo sistema eléctrico de potencia se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio.

Estas pruebas generalmente conocidas como pruebas de rutina deben cumplir satisfactoriamente las especificaciones indicadas en las normas técnicas correspondientes para cada una de ella y enmarcarse en sus valores determinados en las normas NTE-INEN 2114; para garantizar la confiabilidad de los equipos a ser instalados en los sistemas eléctricos.

Los ensayos prácticos realizados con el módulo de pruebas, presentan los valores de pérdidas en el cobre y en hierro ya que existen varias pruebas de rutina que se realizan a transformadores de distribución, en el presente equipo se enfocan básicamente a dos de esas, (prueba de cortocircuito, prueba de circuito abierto) las cuales se las realiza con las hojas guía de laboratorio del módulo de pruebas de pérdidas en vacío y corto circuito de transformadores monofásicos de distribución, para garantizar su correcta aplicación.

Características:

- Fácil comprensión de resultados por medio del analizador de energía.
- Manipulación manual del variador de energía.

- Relé de sobre corriente que sirve para limitar un rango de corriente predeterminado para un circuito.
- Obtención de una mesa de control para su fácil manejo.

2.7.2 Funcionamiento de los equipos.

2.7.2.1 Cálculos y resultados en base al equipo TTR 100.

Prueba de relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.

Para la comprobación y funcionamiento del equipo se toma en cuenta un transformador monofásico de distribución de 5kVA.

Datos del transformador monofásico.

TABLA 2. 14. DATOS DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.

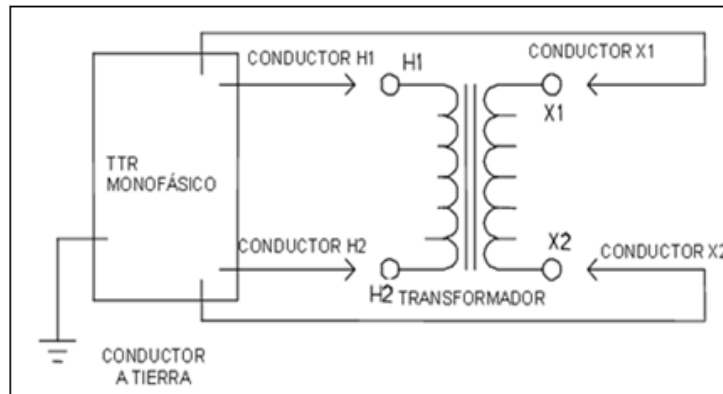
DATOS DEL TRANSFORMADOR MONOFASICO							
No.	9202	POTENCIA	5000	VA			
SERIE	10598998	MARCA	ECUATRAN	POLARIDAD	ADITIVA		
IMPEDANCIA	2	%	GRUPO VECT.	1PH0	FECHA:	13/03/2015 20:44	
VOLTAJE M.V.	7970	V	VOLTAJE B.V.(ff)	240	V	VOLTAJE B.V	120 V
CORRIENTE MV	0,6273526	A	CORRIENTE BV	20,83	A	MATERIAL DE LOS DEV	COBRE

Fuente: Los Investigadores.

Diagrama de conexión del TTR 100 con el transformador de distribución.

Se debe recalcar que el siguiente diagrama, se emplea para todos los taps del transformador.

FIGURA 2. 10 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR CON EL TTR.



Fuente: Manual TTR 100.

Proceso de cálculos:

1) Relación de transformación (Tap nominal).

Con la misma ecuación se realiza los cálculos para los demás taps del transformador.

$$a = \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$a = \frac{7970 \text{ V}}{240 \text{ V}} = 33.21$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

2) Porcentaje de error de la relación de transformación monofásico (Tap nominal).

Con la misma ecuación se realiza los cálculos para los demás taps del transformador.

$$\%ERROR = \frac{a_{MEDIDA} - a_{CALCULADA}}{a_{MEDIDA}} * 100 \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\%ERROR = \frac{33.297 - 33.208}{33.297} * 100 = 0.27\%$$

% ERROR= Porcentaje de error de la relación de transformación.

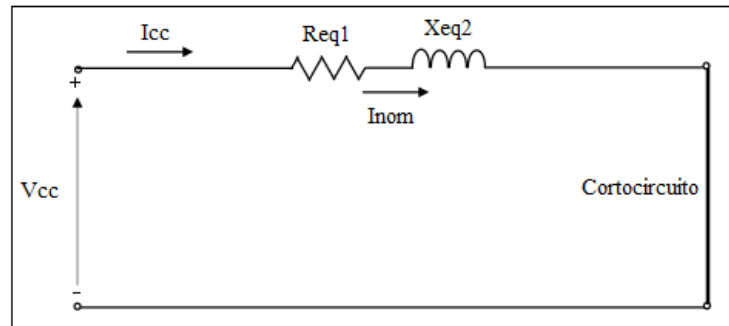
a MEDIDA= Relación de transformación medida.

a CALCULADA= Relación de transformación calculada.

3) Resistencia de los devanados (Tap nominal).

Para el cálculo de las resistencias de los devanados tanto para medio y bajo voltaje se desarrolla de la siguiente manera:

FIGURA 2. 11 CIRCUITO EQUIVALENTE SIMPLIFICADO.



Fuente: Los Investigadores.

- ✓ **Corriente nominal de medio voltaje:**

$$I_1 = I_{cc} = \frac{S_{VA}}{V} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$I_1 = I_{cc} = \frac{5000 \text{ VA}}{7970 \text{ V}} = 0.627 \text{ A}$$

S_{VA} : Potencia aparente (VA).

V : Voltaje nominal (V).

$I_{cc} = I_1$: Corriente de cortocircuito (A).

- ✓ **Resistencia de cortocircuito:**

$$R_{cc} = R_{eq1} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$R_{cc} = R_{eq1} = \frac{74.167 \text{ W}}{(0.627 \text{ A})^2} = 188.658 \Omega$$

P_{cc} : Perdidas de cortocircuito (W).

R_{eq1} : Resistencia equivalente de medio voltaje (Ω).

- ✓ **Resistencia de medio y bajo voltaje:**

$$R_H = \frac{R_{eq1}}{2} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\mathbf{R_x} = \frac{\mathbf{Req1}}{2\alpha^2} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$\mathbf{RH} = \frac{188.658 \Omega}{2} = 94.33 \Omega$$

$$\mathbf{R_x} = \frac{188.658 \Omega}{2(33.21)^2} = 0.0856 \Omega$$

RH: Resistencia de medio voltaje (Ω).

Rx: Resistencia de bajo voltaje (Ω).

4) Verificación de la polaridad

El equipo TTR 100 mide dos tipos de polaridades como muestra a continuación:

Polaridad aditiva (1PH6): Este proceso se lleva al cabo cuando el bobinado secundario está arrollado en el mismo sentido que el bobinado primario del transformador. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en el mismo sentido y se sumen. En el caso del TTR 100 la polaridad expresa el resultado como 1PHO.

Polaridad sustractiva (1PH6.): Este proceso se lleva al cabo cuando el bobinado secundario está arrollado en sentido opuesto que el bobinado primario del transformador. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en sentido opuesto y se resten. En el caso del TTR 100 la polaridad expresa el resultado como 1PH6.

Resultados del TTR 100:

TABLA 2. 15. FUNCIONAMIENTO DEL TTR 100 CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.

RESULTADOS						
RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS						
MV,BV/ dat.	Resultados del TTR		Resultados calculados		% error	CUMPLE
MV: H1 - H0	97,5 Ω		94,33 Ω		3,25	SI
BV: X1 - X3	0,0805 Ω		0,0856 Ω		-6,34	SI
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN						
Pos. Taps/dat.	Resultados del TTR		Resultados calculados		TOTAL	
	a	% error	a	% error	% error total	CUMPLE
1 (8169,25 V)	34,142	0,31	34,038	0,3046	1,74	SI
2 (7970 V)	33,297	0,27	33,208	0,2673	1,00	SI
3 (7770,75 V)	32,475	0,30	32,378	0,2987	0,44	SI
4 (7571,5 V)	31,655	0,33	31,547	0,3412	-3,39	SI
5 (7372,25 V)	30,838	0,38	30,717	0,3924	-3,26	SI
VERIFICACIÓN DE LA POLARIDAD						
Polaridad/dat	Resultados del TTR		Placa del transformador		CUMPLE	
Aditiva (1PH0)	1PHO		1PHO		SI	
Sustractiva (1PH6)						

Fuente: Los Investigadores.

2.7.2.2 Cálculos y resultados en base al equipo MEGGER MIT 520/2.

Prueba de las resistencia del aislamiento.

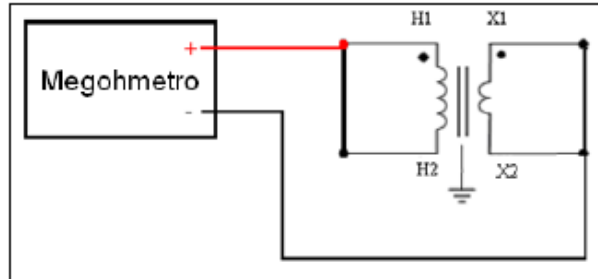
Para la comprobación y funcionamiento del equipo se toma en cuenta un transformador monofásico de distribución de 5kVA.

Datos del transformador monofásico.

Los datos del transformador monofasico de 5 kVA se muestra en la tabla 2.14.

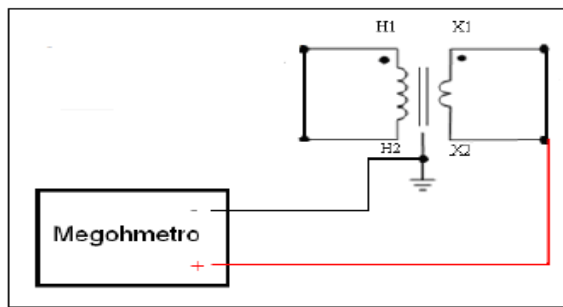
Diagramas de conexión del MEGGER MIT 520/2 con el transformador de distribución.

FIGURA 2. 12 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE MONOFÁSICO.



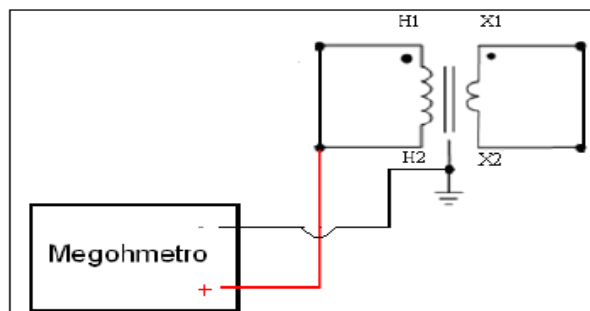
Fuente: Manual Megger

FIGURA 2. 13 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA MONOFÁSICO.



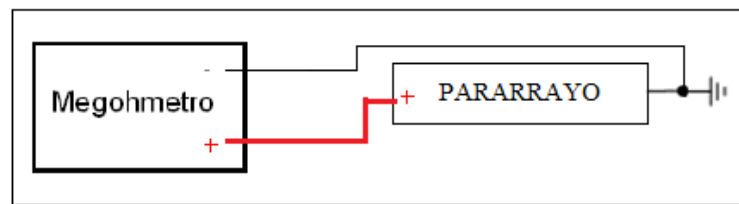
Fuente: Manual Megger.

FIGURA 2. 14 DIAGRAMA DE CONEXION, MEDIO VOLTAJE - TIERRA MONOFÁSICO.



Fuente: Manual Megger.

FIGURA 2. 15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, DEL DESCARGADOR VALVULAR.



Fuente: Los Investigadores.

Proceso de cálculos:

1) Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD): Se utiliza para aislamientos de poca absorción. Se hacen mediciones de 30 y 60 segundos.

$$RAD = R_{60sec} / R_{30sec} \quad (\text{Ec. 17})$$

2) Índice de Polarización (IP): Se recomienda efectuar esta prueba si la resistencia de aislamiento tomada a 1 minuto, es menor a 5000MΩ sino se recomienda efectuar la prueba de la relación de absorción dieléctrica. Se hacen mediciones de 1 a 10 minutos.

$$IP = R_{10min} / R_{1min} \quad (\text{Ec. 18})$$

Se realiza para cada uno de las mediciones:

Medio – bajo voltaje

$$RAD = \frac{R_{60 sec}}{R_{30 sec}} = \frac{82.9 G\Omega}{67.6 G\Omega} = 1.23$$

Bajo voltaje – Tierra:

$$RAD = \frac{R_{60 sec}}{R_{30 sec}} = \frac{84.5 G\Omega}{76.2 G\Omega} = 1.11$$

- Descargador valvular (pararrayo):

$$\text{RAD} = \frac{R_{60 \text{ sec}}}{R_{30 \text{ sec}}} = \frac{226 \text{ G}\Omega}{164 \text{ G}\Omega} = 1.38$$

Nota: No se puede realizar la conexión Medio voltaje – Tierra por que la bobina negativa de medio voltaje esta internamente conectada a tierra del transformador monofásico.

Interpretación de resultados:

TABLA 2. 16 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.

CONDICION DEL AISLAMIENTO	IND. ABSORCIÓN (60seg/30seg)	ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (10min/1min)
POBRE	MENOS DE 1	MENOS DE 1
CUESTIONABLE	1.0 – 1.25	1.0 – 2
BUENO	1.4 – 1.6	2 - 4
EXELENTE	MAS DE 1.6	MAS DE 4

Fuente: Manual Megger.

Resultados del MEGGER MIT 520/2:

TABLA 2. 17 FUNCIONAMIENTO DEL MEGGER MIT 520/2 CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.

RESULTADOS				
RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO				
V/dat.	tiempos	Resultados del MIT 520/2	Cálculos del RAD	CUMPLE
MV - BV	T30sec	67,6 GΩ	1,23	SI
	T60sec	82,9 GΩ		
BV - Tierra	T30sec	76,2 GΩ	1,11	SI
	T60sec	84,5 GΩ		
PARARRAYO	T30sec	164 GΩ	1,38	SI
	T60sec	226 GΩ		

Fuente: Los Investigadores.

Nota: Para la interpretación de resultados ir a la tabla 2.15.

2.7.2.3 Cálculos y resultados en base al Módulo de Pruebas.

Prueba de cortocircuito y circuito abierto

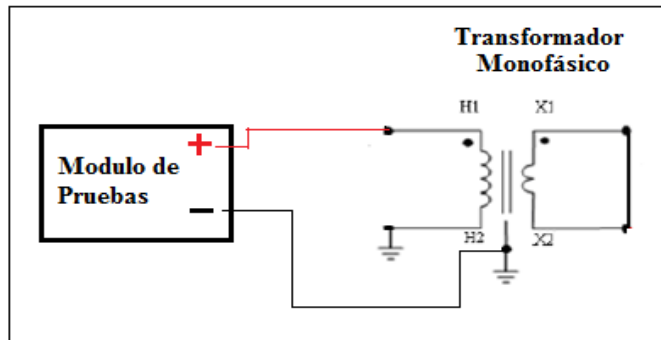
Para la comprobación y funcionamiento del equipo se toma en cuenta un transformador monofásico de distribución de 5kVA.

Datos del transformador monofásico.

Los datos del transformador monofásico de 5 kVA se muestra en la tabla 2.14.

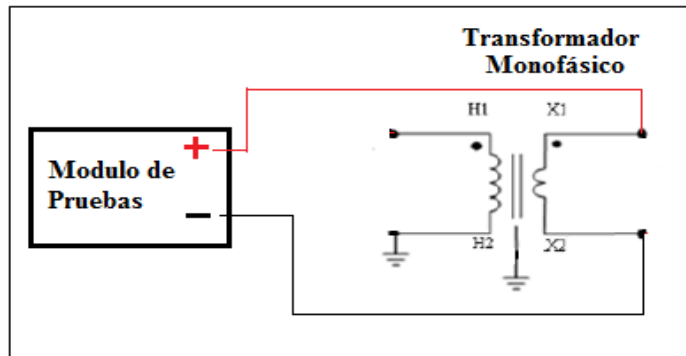
Diagramas de conexión del Módulo de Pruebas con el transformador de distribución.

FIGURA 2. 16 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON TRANSFORMADOR CON EL MOULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 2. 17. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL MODULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

Proceso de cálculos:

1) Prueba de cortocircuito y circuito abierto.

$$I_p = \frac{VA}{V_s} \quad (\text{Ec. 19})$$

$$I_p = \frac{5000VA}{7970V} = 0,62A$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_s = voltaje del secundario (V).

2) Pérdidas en el cobre de medio voltaje.

$$P_{cmT} = I_p^2 * R_H \quad (\text{Ec. 20})$$

$$P_{cmT} = 0,62^2 A * 97,5\Omega = 38,373W$$

I_p = Corriente nominal en el primario (W).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = Voltaje del primario (V).

3) Corriente nominal en el secundario.

$$I_s = \frac{VA}{V_s} \quad (\text{Ec. 21})$$

$$I_s = \frac{5000VA}{240V} = 20,833A$$

I_s = Corriente nominal en el secundario.

V_A = Potencia aparente (VA).

V_s = voltaje del secundario (V).

4) Pérdidas en el cobre de bajo voltaje.

$$P_{cmB} = I_s^2 * R_X \quad (\text{Ec. 22})$$

$$P_{cmB} = 20,833^2 A * 0,0805 \Omega = 34,939 W$$

P_{cmB} = Perdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

R_X = Resistencia del secundario (Ω).

5) Pérdida total de cortocircuito.

$$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbt} \quad (\text{Ec. 23})$$

$$P_{tc} = 38,373 W + 34,939 W = 73,312 W$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

6) Resistencia en vacío.

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$R_o = \frac{240 V}{0,1136 A} = 2112,67 \Omega$$

R_o = Resistencia en vacío (Ω).

V_o = Voltaje en vacío (V).

I_o = Corriente en vacío (A).

7) Pérdidas en vacío.

$$P_o = I_o^2 * R_o \quad (\text{Ec. 25})$$

$$P_o = (0,1136)^2 * 2112,67 = 27,264 \text{ W}$$

P_o = Pérdidas en vacío (W).

Resultados del Módulo de pruebas monofásica:

TABLA 2. 18. FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE PRUEBAS CON UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 5KVA.

RESULTADOS				
PRUEBA DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO				
PRUEBAS	Resultados de las pérdidas con el Módulo de Pruebas	Resultados de los cálculos.	% error	Cumple
Cortocircuito	74,167W	73,312 W	1,15	SI
Circuito Abierto	25,942W	27,264 W	-5,09	SI

Fuente: Los Investigadores.

2.7.2.4 Cálculos y resultados en base al equipo PMM-1.

Prueba de cortocircuito y circuito abierto.

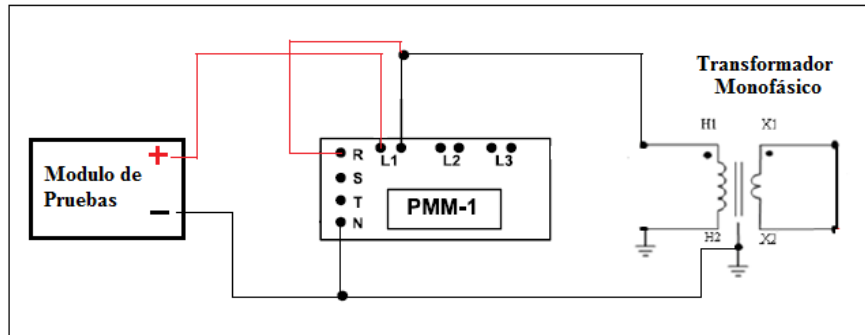
Para la comprobación y funcionamiento del equipo se toma en cuenta un transformador monofásico de distribución de 5kVA.

Datos del transformador monofásico.

Los datos del transformador monofásico de 5 kVA se muestra en la tabla 2.14.

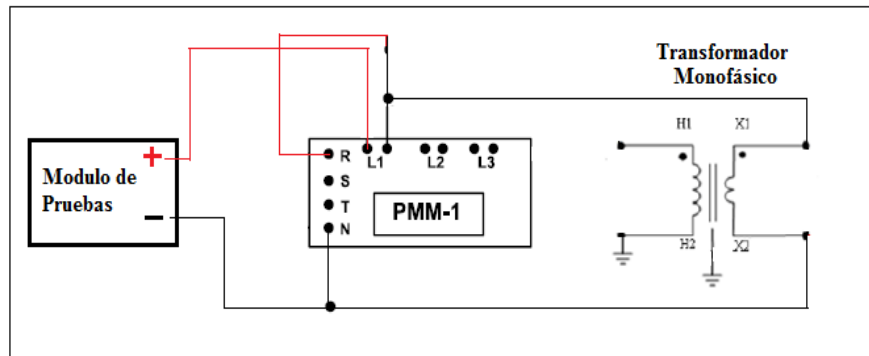
Diagramas de conexión del Módulo de Pruebas con el transformador de distribución.

FIGURA 2. 18. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 2. 19. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

Proceso de cálculos:

1) Prueba de cortocircuito y circuito abierto monofásica.

Los cálculos se toman de los resultados del Módulo de Pruebas.

Resultados del Módulo de pruebas y PMM-1:

TABLA 2. 19. RESULTADOS DEL MODULO DE PRUEBAS Y PMM-1.

RESULTADOS				
PRUEBA DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO				
PRUEBAS	Resultados de las pérdidas con el PMM-1 y el Módulo de pruebas.	Resultados de los cálculos.	% error	Cumple
Cortocircuito	74,167W	73,312 W	1,15	SI
Circuito Abierto	25,942W	27,264 W	-5,07	SI

Fuente: Los Investigadores.

Prueba trifásica.

En la comprobación del funcionamiento de los equipos del PMM-1 y el variador del Módulo de Pruebas para transformadores trifásicos se realiza en base a las mediciones del variador TRIFÁSICO propiedad de la EEASA (anexo 5), comparadas con las mediciones de los equipos de la Universidad Técnica de Cotopaxi (anexo 4) como se muestra en la tabla 3.7.:

TABLA 2. 20 FUNCIONAMIENTO DEL PMM-1 Y EL VARIDOR DEL MODULO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15KVA.

RESULTADOS				
PRUEBAS	Resultados de Perdidas con el PMM-1 y del Módulo de Pruebas	Resultados del variador trifásico (EEASA)	% Error	Cumple
Cortocircuito	476W	225,4W	111 %	SI
Circuito Abierto	107W	69.8W	53 %	SI

Fuente: Los Investigadores.

CAPITULO III

3 PROPUESTA

3.1 Tema

Optimización del laboratorio de equipos de alto voltaje, mediante la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos prácticos seguros en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2014 – 2015.

3.2 Presentación

En su afán por lograr la excelencia académica y superar la calificación del SEASES, la Universidad Técnica de Cotopaxi ha venido mejorando toda su infraestructura educativa institucional. Por esta razón el laboratorio de Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencia de las Ingeniería y Aplicadas (CIYA) es uno de los mejores laboratorios con los que cuenta actualmente la Universidad, puesto que este laboratorio ha sido repotenciado con la implantación de equipos para la medición, evaluación y pruebas en el manejo de alto voltaje tales como: transformadores, motores, autotransformadores, entre otros, que tienen vital relevancia en la formación de los alumnos de esta representativa entidad.

3.3 Justificación

Al considerarse a las ingenierías como carreras técnicas y actualmente en el Ecuador las más relevantes en el campo de aplicación laboral del sector productivo, es necesario que las mismas dispongan de la infraestructura directamente vinculada al pensum de estudio con el propósito de lograr la excelencia académica a la par con la formación profesional integral en las diversas ofertas de estudio de las universidades.

Gran parte del éxito para la formación de los alumnos de las carreras técnicas, en este caso de las carreras vinculadas a la Unidad Académica de Ciencia de las Ingeniería y Aplicadas (CIYA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, dependerá de las clases teóricas y las prácticas de especialización en los laboratorios, los mismos que deben ser de nivel avanzado y actualizado, de tal forma que se realicen pruebas, experimentos, simulaciones, etc. Logrando así que se fortalezcan los conocimientos aprendidos y se obtenga la experiencia necesaria en el ámbito laboral, superando de esta forma las exigencias y capacidades impuestas por los entes reguladores educativos del país, enfocándose a la creación de investigación, ciencia y tecnología.

Se debe mencionar que es trascendental que en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se cuente o implemente guías metodológicas para el armado y manipulación de los equipos utilizados en este lugar, con la finalidad de mejorar el desempeño de prácticas inherentes a las materias como son: Maquinas Eléctricas I-II, Alto Voltaje, Diseño de Alto Voltaje, Instrumentación y Equipos Eléctricos, entre otros, propias de la carrera. Además se logrará prevenir posibles daños en los equipos utilizados por los estudiantes, favoreciendo la vida útil de los mismos. Cada guía estará detallada mediante procesos que permitan su adecuado y pertinente uso, para las diferentes prácticas a desarrollarse en el transcurso de los ensayos que la comunidad educativa de la institución requiera.

Por último la implementación de las guías optimizará y facilitará al docente para la planificación en cuanto enseñanza de los conocimientos teóricos a la práctica de las horas clase de los estudiantes en el laboratorio, dando el respectivo uso a los equipos y evitando de esta forma daños en los mismos, también evitando posibles accidentes a los involucrados en los ensayos.

3.4 Objetivos de la propuesta

3.4.1 Objetivo General

Implementar guías en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica, mediante la utilización de los equipos de Alto Voltaje para aprovechar al máximo sus respectivas funcionalidades de los mismos.

3.4.2 Objetivos específicos

Verificar que los equipos de Alto Voltaje funcionen correctamente para el desarrollo de pruebas de rutina de transformadores.

Relacionar las asignaturas de la malla curricular acordes con las prácticas de laboratorio, orientadas al contenido temático impartidas en las horas clase de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Elaborar guías de procedimientos prácticos seguros, para el laboratorio de equipos de Alto Voltaje en la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.5 Desarrollo de la propuesta.

3.5.1 Medición de la resistencia de los devanados, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.

La finalidad de esta prueba es medir los valores de las resistencias de bobinados y compararlos con los obtenidos de los ensayos de aceptación en fábrica y/o mantenimiento.

Este ensayo es de mucha importancia para detectar defectos en bobinados, cortocircuito dependiendo de la dimensión y especialmente circuito abierto o semiabierto, es utilizable también para indicación de cierre de contactos durante operaciones y/o mantenimiento de conmutadores. Esta prueba básicamente mide la relación de transformación entre los devanados, permite identificar cortos entre espiras, bobinas abiertas, fusibles internos de medio voltaje abiertos, daños en los interruptores térmicos, daños en el conmutador y posiciones incorrectas de este.

Es recomendable realizar las lecturas para todas las posiciones del cambiador de tap, para poder detectar posibles daños en este o falsas posiciones. La variación de los valores medidos con respecto a los valores calculados, no deberá superar el 0.5 % según la NTE INEN 2117, esta prueba permite además comprobar el grupo de conexión del transformador.

3.5.1.1 Procedimientos para la práctica para un transformador monofásico:

- 1)** Ubicar el transformador fuera de cualquier peligro expuesto y verificar que la conexión a tierra con el neutro del transformador este desconectado.
- 2)** Desconectar el pararrayo del transformador.
- 3)** Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.
- 4)** Pulsar momentáneamente el botón verde hasta que se encienda el TTR 100.

5) Pulsar la tecla 5 para **SETEAR SISTEMA**.

- Opción 1: **STANDARD**; Se tiene 3 ítems IEC, ANSI, AU (Australiana), escoger la norma del transformador a ser realizado la prueba y presionar enter.
- Opción 2: **FASE**; Se tiene 3 ítems DEGREES (grados), CENTIRADIANS (centiradianes) y NO (sin desfase), escoger una de las tres opciones y presionar enter.
- Opción 3: **RESISTANCE TEST**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la resistencia de los devanados y presionar enter.
- Opción 4: **POLARIDAD**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la polaridad y presionar enter.

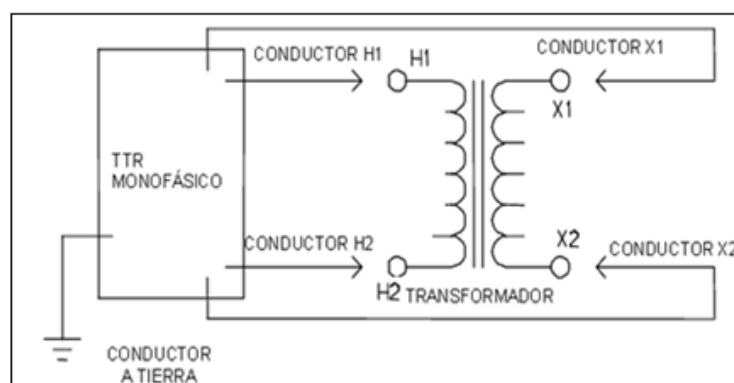
6) Presionar la opción 6 para regresar al menú principal.

7) En el menú principal escoger la opción 1 **XFMR. CONFIG.:**

- Escoger la opción 1 **MONOFÁSICO XFMR.**
- Escoger la opción del tipo de transformador que va a realizar la prueba.

8) El equipo inmediatamente muestra la configuración del tipo de transformador que se realiza la prueba, como muestra la figura 3.1, para proceder a conectar las salidas del TTR 100 al transformador y presionar enter.

FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE CONEXIÓN MONOFÁSICO CON EL TTR.



Fuente: Manual TTR 100.

9) Escoger la opción de las características del transformador según el nivel de voltaje y potencia. Dirigirse al menú principal y escoger la opción 3, **INICIO DE TEST TOTAL**.

10) En la opción de llenar los datos del transformador:

- Ingresar los datos del transformador: La identificación, valor en voltios de medio voltaje, número de taps y presionar enter. Luego escoger la opción 1 **CONTINUAR**.
- Ingresar los datos del transformador: El número del tap nominal de medio voltaje y presionar enter. Luego escoger la opción 1 **CONTINUAR**.
- Llenar los datos del transformador: El valor de bajo voltaje entre línea a línea y presionar enter, luego escoger la opción 1 **CONTINUAR**.

11) **Prueba en el Tap 1.-** Cambiar la posición del tap del transformador, ingresar en el TTR 100 el número de tap de la prueba y apretar enter. Presionar la opción 3 **INICIAR TEST**.

- En la pantalla se muestra el test en progreso y esperar hasta que termine la prueba.
- Se muestra con las flechas todos los resultados del tap y anotar los resultados obtenidos en la tabla 1 y 2 respectivamente. Presionar la opción 5 **NEXT TEST** para la siguiente prueba con el siguiente tap.

12) Cambiar el tap del transformador a la posición siguiente, también en el TTR 100 y repetir las pruebas para todos los taps desde el literal 11.

Notas:

- En caso de emergencia al momento de realizar el test en proceso y desea parar la prueba pulsar cualquier tecla del TTR 100.

13) Una vez concluido la prueba con todos los taps, se deberán registrar los datos medidos por el TTR 100 en los cuadros de color amarillo de la tabla 3.1 y 3.2 según corresponda.

TABLA 3. 1 MEDICIÓN RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS NTE INEN 2118.

MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)		
M.V.: H1-H0		Ω
B.V.: X3-X1		Ω

Fuente: Los Investigadores.

TABLA 3. 2 MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117			
POSICIÓN TAP	VOLTAJE	FASE A	% ERROR
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: Los Investigadores.

14) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

3.5.1.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:

- 1) Ubicar al transformador fuera de cualquier peligro expuesto y verificar que la conexión a tierra con el neutro del transformador este desconectado.
- 2) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.
- 3) Pulsar momentáneamente el botón verde hasta que se encienda el TTR 100.
- 4) Pulsar la tecla 5 para **SETEAR SISTEMA**.
 - Opción 1: **STANDARD**; Se tiene 3 ítems IEC, ANSI, AU (Australiana), escoger la norma del transformador a ser realizado la prueba y presionar enter.
 - Opción 2: **FASE**; Se tiene 3 ítems DEGREES (grados), CENTIRADIANS (centiradianes) y NO (sin desfase), escoger una de las tres opciones y presionar enter.

- Opción 3: **RESISTANCE TEST**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la resistencia de los devanados y presionar enter.
- Opción 4: **POLARIDAD**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la polaridad y presionar enter.

5) En el menú principal escoger la opción 1 **XFMR. CONFIG.**

- Escoger la opción 2 **TRIFÁSICO XFMRS.**
- Seleccionar la configuración del transformador que se va a realizar la prueba.
- Seleccionar el grupo vectorial del transformador y regresar al menú principal.

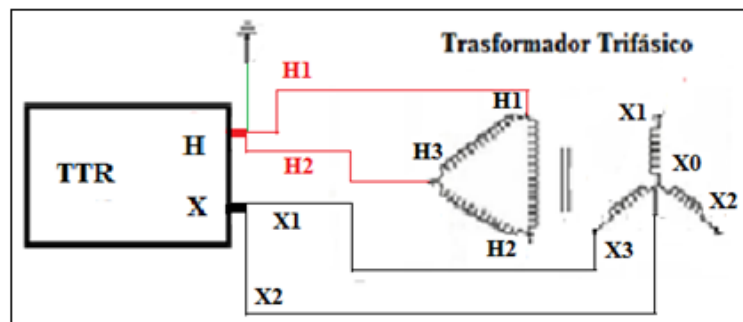
6) Elegir la opción 3, **INICIO DE TEST TOTAL.** Donde aparece la opción de llenar los datos del transformador: La identificación, valor en voltios de medio y bajo voltaje presionado la opción que desea ingresar.

- Presionar la opción 2: **ID**; La identificación y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **TENSIÓN H, V**: El valor en voltios de medio voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 4: **No. DE H TAPS**: Número de taps en medio voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.
- Presionar la opción 2: **NOM. V H TAP No**: Número de tap nominal de medio voltaje del transformador y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **MAYO V H TAP No**: Número de tap mayor de medio voltaje del transformador y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.
- Presionar la opción 2: **TENSION X, V**: El valor en voltios de bajo voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **No. DE X TAPS**: El número de taps en bajo voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.

7) **Prueba en el Tap 1.-** Cambiar la posición del tap del transformador, ingresar en el TTR 100 el número de tap de la prueba y presionar enter. Presionar la opción 3 **INICIAR TEST**.

8) Luego presionar la opción 3 que es **INICIAR TEST**. En la pantalla aparece las conexiones para la fase A como muestra la figura 3.2, para su respectiva conexión.

FIGURA 3. 2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE A CON EL TTR.

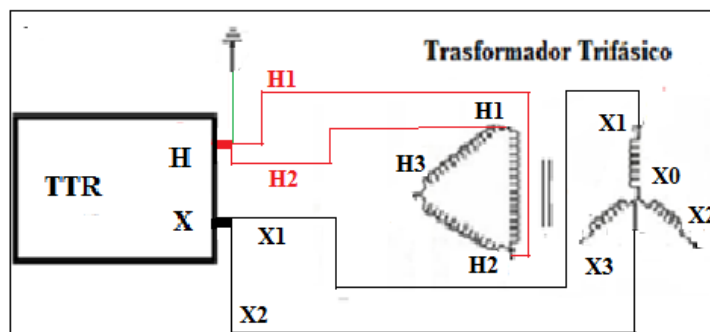


Presionar la opción 1 que es **INICIAR TEST**.

- Esperar que culmine la prueba para continuar.
- Una vez obtenido los resultados de la fase A, seguir continuando con las flechas del TTR 100 hasta que aparezca la opción 5 de **CONTINUAR**.

9) Luego aparece en la pantalla las conexiones para la fase B como muestra la figura 3.3, para proceder con la su respectiva conexión.

FIGURA 3. 3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE B CON EL TTR.



Fuente: Los Investigadores.

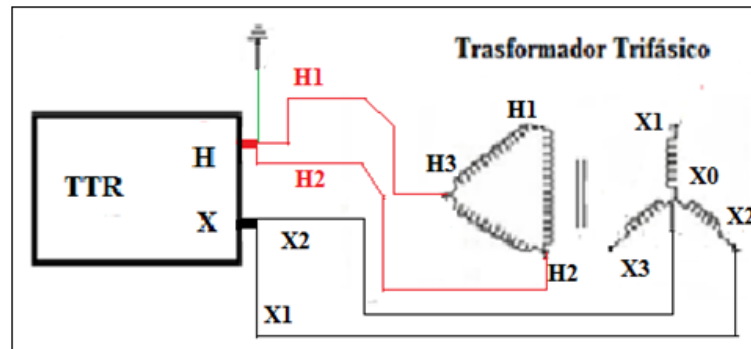
Presionar la opción 1 que es **INICIAR**

TEST.

- Esperar que culmine la prueba para continuar.
- Una vez obtenido los resultados de la fase B, seguir continuando con las flechas del TTR 100 hasta que aparezca la opción 5 de **CONTINUAR.**

10) Luego aparece en la pantalla las conexiones para la fase C como muestra la figura 3.4, y proceder con la conexión.

FIGURA 3. 4 DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE C CON EL TTR.



Fuente: Los Investigadores.

Presionar la opción 1 que es **INICIAR TEST.**

- Esperar que culmine la prueba para continuar.

11) Los resultados de las tres fases se visualizarán en la pantalla del TTR 100, seguir continuando con los demás resultados con la ayuda de las flechas del TTR 100 y anotar estos resultados en la tabla 4 y 5 respectivamente. Luego la opción 5 de **CONTINUAR.**

- Presionar la opción 4 **NEXT TEST.**

12) Cambiar el tap del transformador a la posición siguiente, también en el TTR 100 y repetir las pruebas para todos los taps y fases desde el literal 7.

Nota:

- En caso de emergencia y desea parar la prueba pulsar cualquier tecla del TTR 100.

13) Luego la opción * **MENU PRIN** para regresar al menú principal.

14) Una vez concluido la prueba con todos los taps, se deberán registrar los datos medidos por el TTR 100 en los cuadros de color amarillo de la tabla 3.3 y 3.4 según corresponda.

TABLA 3. 3 MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS TRIFÁSICO NTE INEN 2118.

MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)								
M.V.: H1-H2		Ω	H2 - H3		Ω	H3 - H1		Ω
B.V.: X1-X2		Ω	X2 - X3		Ω	X3 - X1		Ω

Fuente: Los Investigadores.

TABLA 3. 4 MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICO NTE INEN 2117.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117							
POSICIÓN TAP	VOLTAJE	FASE A	FASE B	FASE C	% ERROR A	% ERROR B	% ERROR C
1							
2							
3							
4							
5							

Fuente: Los Investigadores.

15) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

3.5.2 Medición de la resistencia del aislamiento.

Se la define como la resistencia ($M\Omega$), que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente continua durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo. Como referencia se utilizan valores de 1 a 10 minutos.

Esta prueba se realiza en fábrica, después que el transformador ha terminado su proceso de secado de la aislación, y se encuentra en una temperatura entre 0°C y 40°C.

Esta prueba además brinda información sobre los factores que afectan la resistencia de aislamiento de un transformador, como son las impurezas, humedad y temperatura.

3.5.2.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico.

1) MEDIO VOLTAJE – BAJO VOLTAJE

1.1) Conectar los accesorios del MEGGER MIT 520/2, cable negro al negativo, el cable azul al G, el cable rojo al positivo y el negro de alimentación al tomacorriente a 120V.

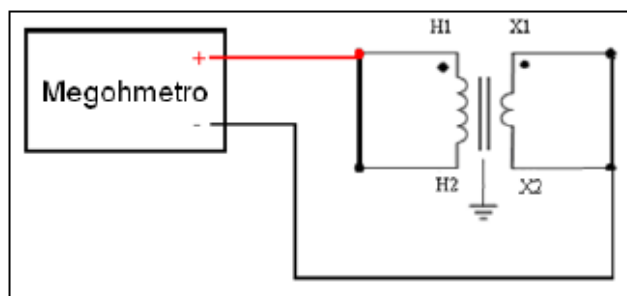
1.2) Pulsar momentáneamente el botón para encender el MEGGER MIT 520/2 y esperar unos 10 segundos para que se calibre.

1.3) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.

1.4) Verificar que la conexión a tierra este desconectado con el neutro del transformador y desconectar el descargador valvular (pararrayo) del borne de medio voltaje.

1.5) Proceder a la conexión del equipo como muestra la figura 3.5.

FIGURA 3. 5 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE MONOFÁSICO.



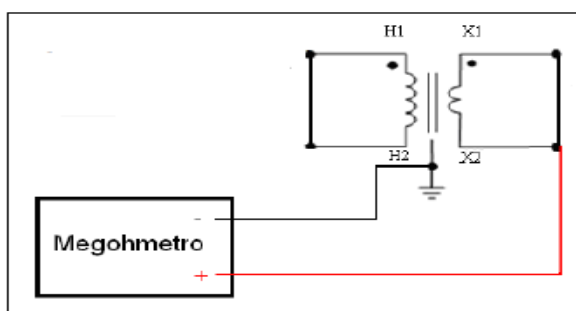
Fuente: Manual Megger

- 1.6) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.
- 1.7) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.
- 1.8) Presionar 5 segundos el botón **TEST** para el inicio de la prueba de resistencia del aislamiento.
- 1.9) Registrar los datos medidos en la tabla 3.5 según corresponda.

2) BAJO VOLTAJE – TIERRA

- 2.1) Cambie la conexión del equipo como muestra la figura 3.6.

FIGURA 3. 6 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA MONOFÁSICO.



Fuente: Manual Megger.

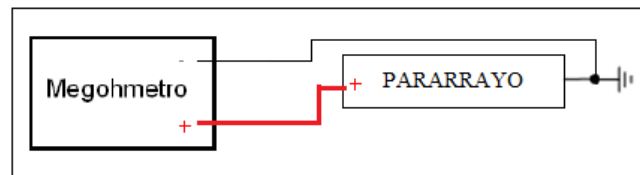
- 2.2) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.

- 2.3) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.
- 2.4) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
- 2.5) Registrar los datos medidos en la tabla 3.5 según corresponda.

3) DESCARGADOR VALVULAR (PARARRAYO).

- 3.1) Conectar el equipo como muestra la figura 3.7.

FIGURA 3. 7 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL DESCARGADOR VALVULAR.



Fuente: Los Investigadores.

- 3.2) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
- 3.3) Registrar los datos medidos en la tabla 3.5 según corresponda.

TABLA 3. 5 MEDICIÓN DE LAS RESISTENCIAS DEL AISLAMIENTO MONOFÁSICO.

MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)					
Mediciones					
	M.V. - B.V.		B.V. - T		PARARRAYO
T 30 segundos		GΩ		GΩ	GΩ
T 60 segundos		GΩ		GΩ	GΩ
Respuesta					

Fuente: Los Investigadores.

- 3.4) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:

1) MEDIO VOLTAJE – BAJO VOLTAJE

1.1) Conectar los accesorios del MEGGER MIT 520/2, cable negro al negativo, el cable azul al G, el cable rojo al positivo y el negro de alimentación al tomacorriente a 120V.

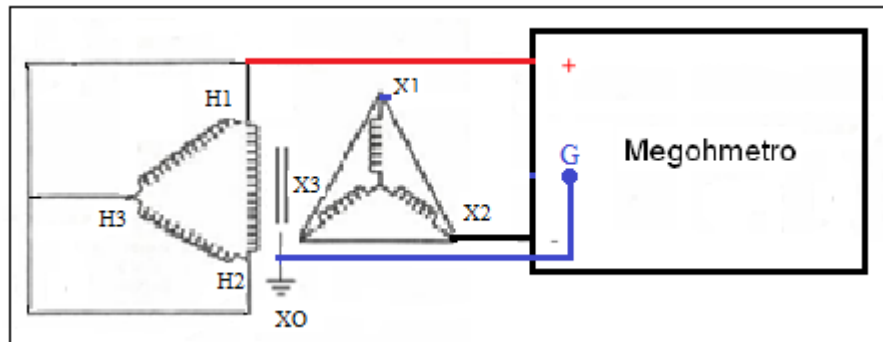
1.2) Pulsar momentáneamente el botón para encender el MEGGER MIT 520/2 y esperar unos 10 segundos para que se calibre.

1.3) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.

1.4) Verificar que la conexión a tierra este desconectado con el neutro del transformador y desconectar el descargador valvular (pararrayo) del borne de medio voltaje.

1.5) Realizar la conexión del equipo como muestra la figura 3.8.

FIGURA 3. 8 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE TRIFÁSICO.



Fuente: Los Investigadores.

1.6) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.

1.7) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.

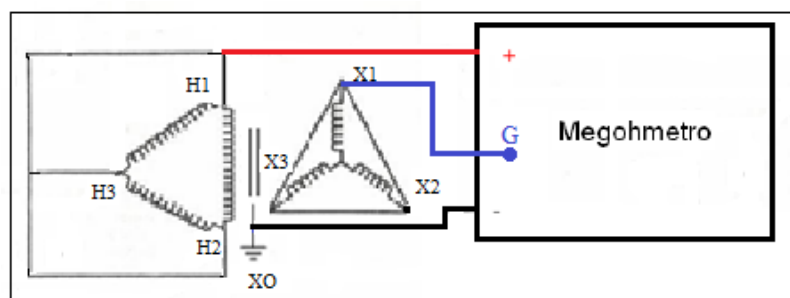
1.8) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.

1.9) Registrar los datos medidos en la tabla 3.6 según corresponda.

2) MEDIO VOLTAJE – TIERRA

2.1) Conectar al equipo como muestra la figura 3.9.

FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE CONEXIÓN. MEDIO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.



Fuente: Los Investigadores.

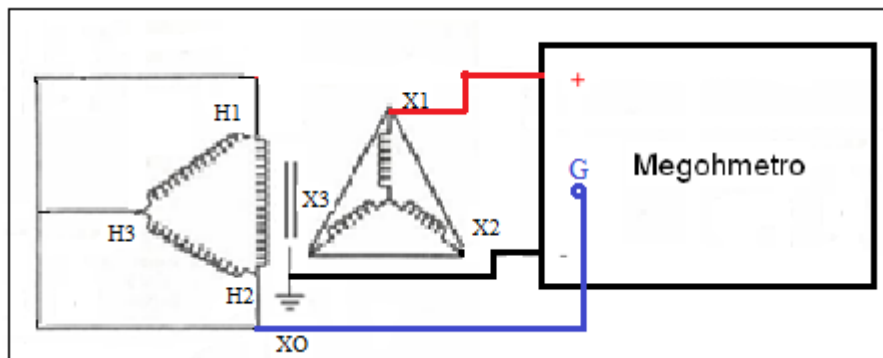
2.2) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.

2.3) Registrar los datos medidos en la tabla 3.6 según corresponda.

3) BAJO VOLTAJE – TIERRA

3.1) Cambie las conexiones del MEGGER MIT 520/2 al transformador como se muestra se muestra en la figura 3.10.

FIGURA 3. 10 DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.



Fuente: Los Investigadores.

- 3.2) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.
- 3.3) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.
- 3.4) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
- 4.5) Registrar los datos medidos en la tabla 3.6 según corresponda.

TABLA 3. 6 MEDICIÓN DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO TRIFÁSICO.

MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)						
Mediciones						
	M.V. - B.V.		B.V. - T		PARARRAYO	
T 30 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
T 60 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
Respuesta						

Fuente: Los Investigadores.

Nota:

- Si existen pararrayos en los transformadores trifásicos realizar la prueba a cada uno de ellos como en la práctica de pararrayos monofásicos.

- 3.6) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

3.5.3 Prueba de cortocircuito.

Mediante este ensayo es posible determinar los componentes de cortocircuito, es decir:

- a) Los parámetros R_{cc} , X_{cc} y Z_{cc}
 - b) Voltaje de cortocircuito porcentual y sus componentes
 - c) Las pérdidas en el cobre.
- a) Parámetros R_{cc} , X_{cc} y Z_{cc}

Para llevar a cabo esta prueba se cortocircuita el secundario mediante un amperímetro, el primario se alimenta a través de una fuente de voltaje alterna regulable (autotransformador de regulación variable).

3.5.3.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico:

1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO.

1.1) Reconocimiento del transformador:

- Placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa:

- Voltaje nominal (V).
- Potencia nominal (kVA).
- Corriente nominal (A)

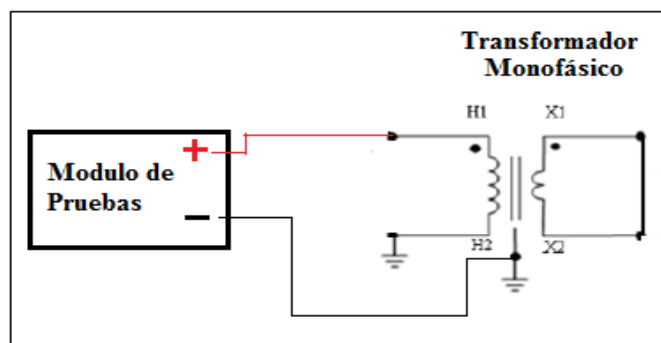
1.3) Preparativos del transformador para la práctica:

- Ubicar al transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.

- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador, además comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.4) Conectar el módulo de pruebas con el transformador como muestra la figura 3.11.

FIGURA 3. 11 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL MÓDULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

1.5) Energización del módulo de pruebas:

- Conectar el equipo en una fuente de voltaje de 120V.
- Control GENERAL, llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- Trasladar el Control de EMERGENCIA a la posición derecha para desbloquear las salidas de voltaje al transformador.
- Presionar el botón de SALIDA, para que el equipo permita la transmisión de voltaje y corriente a las pinzas que se encuentran conectadas al transformador.

1.6) Ingreso de la corriente al módulo de pruebas:

- Una vez energizado el equipo proceder a ingresar la corriente nominal del transformador, manipulando el variac que permite incrementar o disminuir la corriente del transformador.

- Tomar sus respectivos datos de cortocircuito obtenidos al ingresar la corriente nominal al transformador, como son voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 3.7.

TABLA 3. 7 REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

Fuente: Los Investigadores.

1.7) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.8) Apagar el módulo de pruebas o proceder con la siguiente práctica.

3.5.3.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:

1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO EN TRASFOMADOR TRIFÁSICO.

1.1) Prueba de cortocircuito en trasformador trifásico.

- Reconocer la placa característica del transformador.
- Verificar los bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa y determinar la corriente nominal del trasformador:

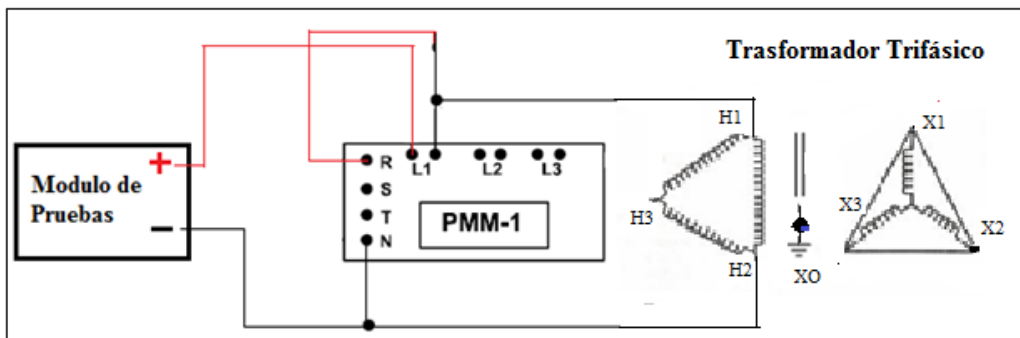
- Voltaje nominal (V)
- Potencia nominal (kVA)
- Corriente nominal (A)

1.3) Preparativos para la práctica:

- Ubicar al transformador y el PMM-1 en un lugar fuera de peligro.

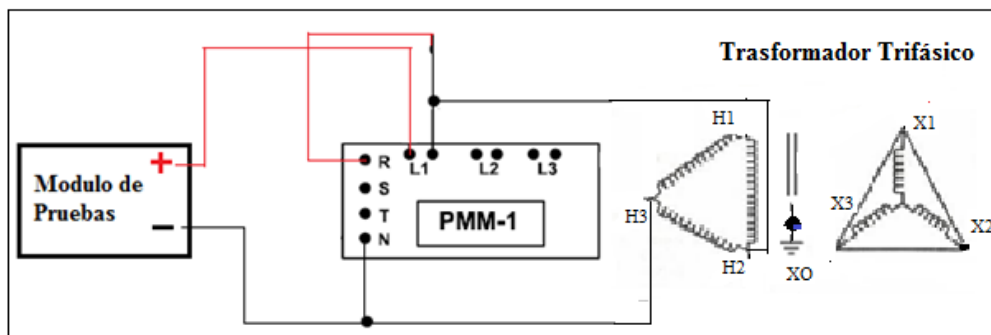
1.4) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador trifásico como muestran las figuras 3.12; 3.13 y 3.14 para la fase A, B y C respectivamente, tomando en cuenta que para cada fase se realizan en diferente tiempo.

FIGURA 3. 12 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE A.



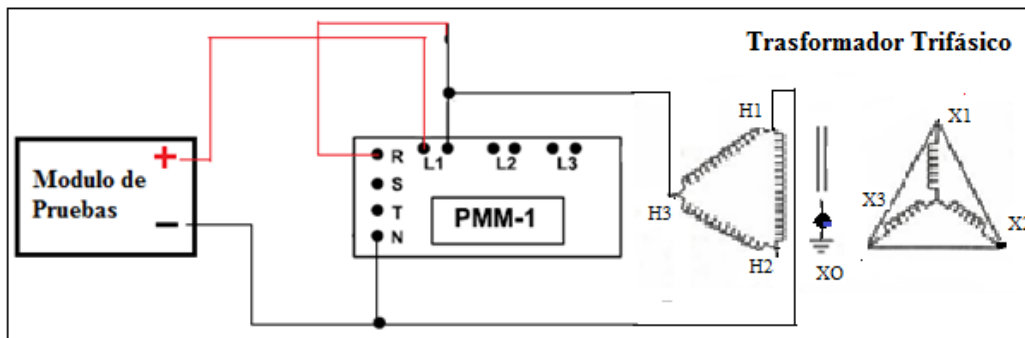
Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 3. 13 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE B.



Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 3. 14 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE C.



Fuente: Los Investigadores.

1.5) Una vez conectado todos los dispositivos necesarios para la práctica, procedemos a encender el PMM-1 y el módulo de pruebas.

- Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Girar el variac del módulo de pruebas hasta llegar a la posición de la corriente nominal.

1.6) Proceder con la práctica de la fase B y C, desde el literal 1.4.

1.7) Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de cortocircuito de las fases (A, B, C), como son voltios (V), amperio (A), vatios (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 3.8 según corresponda.

TABLA 3. 8 MEDICIÓN DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2115.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

Fuente: Los Investigadores.

1.8) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.9) Apagar los equipos.

3.5.4 Prueba de circuito abierto

Mediante una sencilla experiencia se puede determinar las componentes de vacío de un transformador, es decir:

- a) La relación de transformación (a).
- b) La corriente de vacío I_o y sus componentes.
- c) Las pérdidas en el hierro (P_{Fe}).

Para llevar a cabo este ensayo se aplica voltaje nominal, de frecuencia nominal, preferentemente al bobinado de bajo voltaje, dejando el bobinado primario abierto y se mide la corriente I_o , la potencia P_o absorbidas y el voltaje aplicado U_2 .

3.5.4.1 Procedimientos de la práctica para un transformador monofásico:

1) PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

1.1) Reconocimiento del transformador:

- Placa característica.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.
- Voltaje nominal en baja.

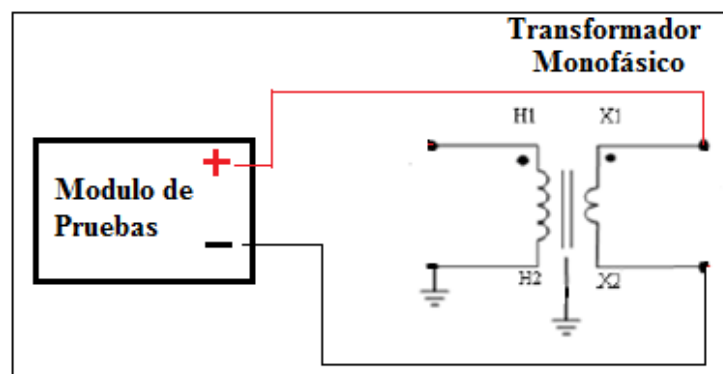
1.2) Preparativos del transformador para la práctica:

- Ubicar al transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.

- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador.
- Comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.3) Conectar el módulo de pruebas con el transformador como muestra la figura 3.15.

FIGURA 3. 15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL MODULO DE PRUEBAS.



Fuente: Los Investigadores.

h.1.4) Instrucciones para energizar en equipo:

- Se energiza el equipo en una fuente de voltaje de 120V.
- Control GENERAL, llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- Llevar el control de EMERGENCIA a la posición derecha para desbloquear las salidas del voltaje al transformador.
- Presionar el botón de SALIDA, para que el equipo permita la salida de voltaje y corriente a las pinzas que se encuentran conectadas al transformador.

1.5) Una vez energizado el equipo proceder a ingresar el voltaje nominal en baja tensión, obtenida en la placa característica, manipulando el variac del módulo de pruebas.

NOTA: Tener máxima precaución al realizar esta prueba ya que una vez ingresado el voltaje nominal en el secundario, se obtiene el voltaje nominal en el primario del transformador y es extremadamente peligroso.

- Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de circuito abierto en los espacios de color amarillo al ingresar la corriente nominal, como son voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 3.9 según corresponda.

TABLA 3.9 REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

Fuente: Los Investigadores.

1.6) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas en la práctica.

1.7) Apagar el módulo de pruebas.

3.5.4.2 Procedimientos de la práctica para un transformador trifásico:

1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO EN TRASFORMADOR TRIFÁSICO

1.2) Reconocimiento del transformador trifásico.

- Placa característica del transformador trifásico.

- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

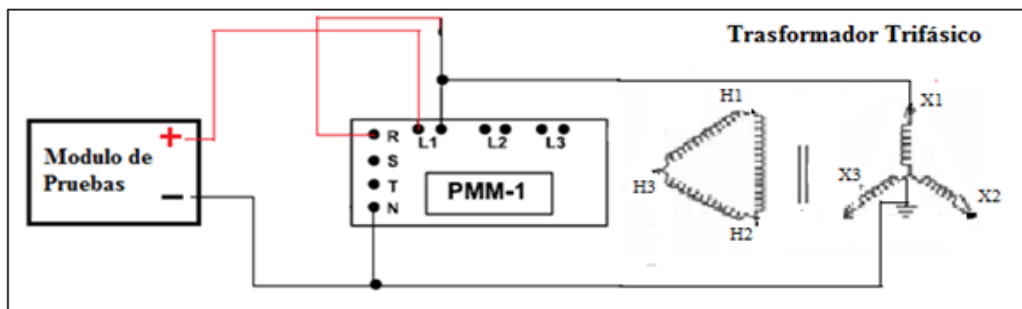
1.3) Identificar los datos de placa y determinar el voltaje nominal del transformador:

1.4) Preparativos para la práctica:

- Ubicar al transformador y el PMM-1 en un lugar fuera de peligro.

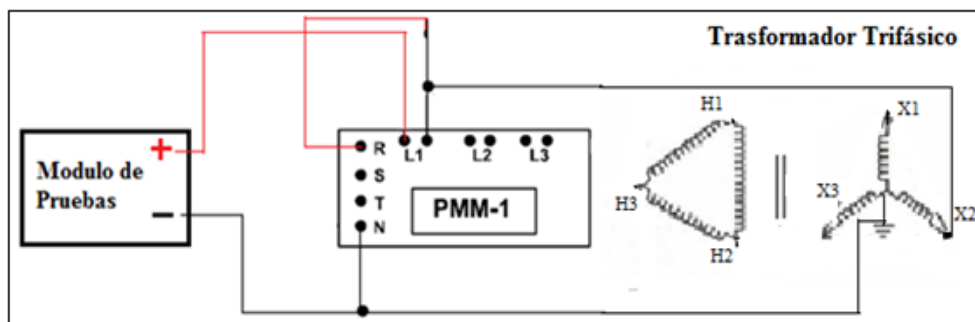
1.5) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador trifásico como muestran las figuras 3.16; 3.17 y 3.18 para las fases A, B y C respectivamente, tomando en cuenta que para cada fase se realizan en diferente tiempo.

FIGURA 3. 16 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE A.



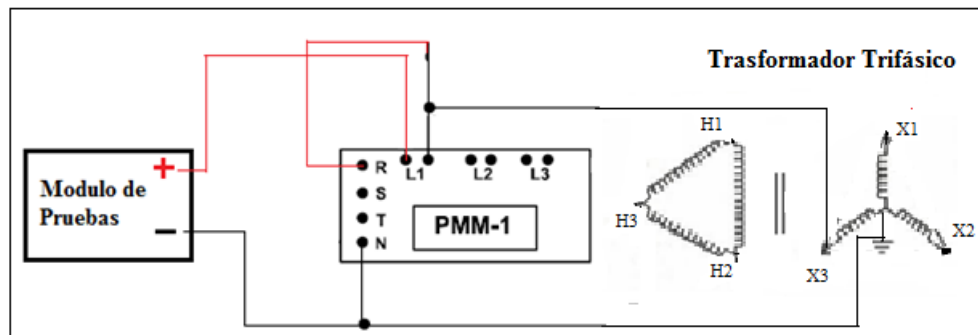
Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 3. 17 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE B.



Fuente: Los Investigadores.

FIGURA 3. 18 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE C.



Fuente: Los Investigadores.

1.6) Una vez conectado todos los dispositivos necesarios para la práctica, proceder a encender el PMM-1 y el módulo de pruebas.

- Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Girar el variac del módulo de pruebas hasta llegar al voltaje nominal.

1.7) Proceder con la práctica de la fase B y C, desde el literal **1.5**.

NOTA: Tener máxima precaución al realizar esta prueba ya que una vez ingresado el voltaje nominal en el secundario, se obtiene el voltaje nominal en el primario del transformador y es extremadamente peligroso.

1.8) Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de circuito abierto de las fases (A, B, C), como son voltios (V), amperio (A), vatios (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 3.10 según corresponda.

TABLA 3. 10 MEDICIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO INEN 2115.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTEINEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

Fuente: Los Investigadores.

1.9) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.10) Apagar el PMM-1 y el módulo de pruebas.

3.5.5 Análisis de las Asignaturas con las prácticas.

El proceso educativo de los estudiantes se desarrolla de mejor manera mediante la aplicación de sus conocimientos teóricos a los prácticos. Dentro de la carrera de Ingeniería Eléctrica se imparten asignaturas relevantes con los equipos de alto voltajes.

3.5.5.1 Materias influyentes en la elaboración de prueba de rutina a transformadores:

TABLA 3. 11. RELACIÓN ENTRE LAS ASIGNATURAS Y LAS GUÍAS PRÁCTICAS.

ASIGNATURAS.	OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA.	OBJETIVO DE LAS GUÍAS PRACTICAS.	PRÁCTICAS Y/O PROCESOS.
Instrumentos Y Equipo Eléctrico. (Cuarto Ciclo)	Comprender y conocer una correcta instalación de los instrumentos de medición, equipos y material eléctrico, para obtener mediciones de los instrumentos en las pruebas que se realizan a los equipos eléctricos.	Contribuir al estudiante con un proceso de aprendizaje dinámico mediante la manipulación de equipos y visualización de resultados en la práctica.	Funcionamiento de los equipos Megger MIT 520/2, TTR 100, PMM-1 y Módulo de pruebas.
Máquinas Eléctricas I. (Cuarto Ciclo)	Estudiar los principios básicos y leyes fundamentales en la conversión de energía que hay entre la energía eléctrica y la mecánica mediante la inclusión de conocimientos como: observación, explicación y comparación, para que el estudiante este en capacidad de analizar de los campos magnéticos tanto de los transformadores como máquinas eléctricas.	Aplicar los conocimientos básicos obtenidos, en las aulas para observar cómo se realizan las pruebas de rutina a transformadores monofásicos de distribución.	Cálculos de cada práctica y principios fundamentales de los equipos.

ASIGNATURAS.	OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA.	OBJETIVO DE LAS GUÍAS PRACTICAS.	PRÁCTICAS Y/O PROCESOS.
<p>Máquinas Eléctricas II (Quinto Ciclo)</p>	<p>Determinar los principios físicos y matemáticos que permiten poner en práctica el funcionamiento electromecánico a través el conocimiento de los fenómenos magnéticos para comprender la operación de las maquinas eléctricas.</p>	<p>Elaborar una práctica, con el módulo de pruebas para la realización de pruebas en vacío y en cortocircuito un transformador.</p>	<p>Pruebas de cortocircuito y circuito abierto.</p>
<p>Alto Voltaje. (Sexto Ciclo)</p>	<p>Comprender los fenómenos que implican una descarga en gases, líquidos y sólidos aislantes en presencia de niveles de altos voltajes para aplicarlos en las pruebas que se realizan a los equipos eléctricos.</p>	<p>Conocer los mecanismos de descarga que ocurren en los distintos medios aislantes y al análisis de las distintas pruebas que se deben realizar en los equipos eléctricos para que el futuro profesional tenga bases suficientes para tomar decisiones.</p>	<p>Resistencia del aislamiento.</p>

ASIGNATURAS.	OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA.	OBJETIVO DE LAS GUÍAS PRACTICAS.	PRÁCTICAS Y/O PROCESOS.
Diseño de Alto Voltaje. (Séptimo Ciclo)	Analizar el origen por los cuales se producen altos voltajes en las redes eléctricas, el peligro que estos representan y como se los puede manejar mediante la conceptualización y diseño de sistemas de protección para personas y equipos.	Permitir precautelar la destrucción de equipos y dar seguridad de la vida humana en su correcto uso y manejo.	Seguridad de cada práctica. Pruebas de resistencias de los aislamientos.
Dinámica de Máquinas. (Octavo Ciclo)	Capacitar al alumno para analizar las máquinas eléctricas de corriente alterna sincrónicas en estado transitorio dentro de un SEP, conocer las características y el funcionamiento de los circuitos equivalentes en estado transitorio así como el comportamiento dinámico de las mismas.	Realizar pruebas de rutina a transformadores monofásicos de distribución, donde se puede considerar que la maquina presenta características operativas de funcionamiento.	Todas la pruebas de rutina de transformadores. En base a las clases recibidas.

ASIGNATURAS.	OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA.	OBJETIVO DE LAS GUÍAS PRACTICAS.	PRÁCTICAS Y/O PROCESOS.
<p align="center">Seguridad Industrial. (Noveno Ciclo)</p>	<p>Establecer criterios y conocimientos en los estudiantes desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la condición de trabajo como característica que pueda tener influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud del trabajador aplicando normativas vigentes de seguridad eléctrica e industrial.</p>	<p>Prevenir accidentes dentro del área eléctrica por la mala manipulación de equipos altamente peligrosos y garantizar la seguridad eléctrica en el laboratorio organizado.</p>	<p>La seguridad esta detallada en cada práctica (todas las pruebas.)</p>

Fuente: Sílabos de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

3.6 Elaboración de Guías

La elaboración de las guías de laboratorio se desarrolla en el anexo 11, para facilitar a los estudiantes tener acceso del mismo.

CONCLUSIONES

- ✓ Se pudo establecer que con el presente proyecto gran parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de los niveles superiores desconocen el manejo y funcionamiento de los equipos con los que se pueden realizar prácticas afines a las pruebas de rutina de transformadores de distribución en el laboratorio de equipos de Alto Voltaje.
- ✓ Al realizar el diagnóstico de los equipos de Alto Voltaje se constató que están en su correcto funcionamiento, ya que al realizar las comparaciones de resultados entre los valores calculados y los obtenidos por los equipos no supera el $\pm 6,34\%$ de diferencia entre los resultados, esto quiere decir que las diferencias son mínimas.
- ✓ En la elaboración de las guías prácticas de los equipos de Alto Voltaje, fue necesaria la aplicación de las Normas Técnicas Ecuatorianas según corresponda, para un correcto análisis e interpretación de los resultados y manejo de los mismos.
- ✓ Las guías prácticas se realizaron para la elaboración de pruebas de rutina en el laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica, los cuales permiten confirmar que los transformadores han sido diseñados para soportar condiciones de trabajo a las que estará sometido durante su funcionamiento normal.
- ✓ En el módulo de pruebas se puede realizar el ensayo de cortocircuito para transformadores monofásicos de hasta 75kVA, realizando un factor de corrección ingresando una corriente no menor al 25% de la corriente nominal.
- ✓ El Módulo de pruebas está diseñado para pruebas de transformadores monofásicos y no es aconsejable realizar las pruebas de cortocircuito y circuito abierto para transformadores trifásicos ya que se tiene rangos de errores muy grandes del 111 y 53% respectivamente.

RECOMENDACIONES

- ✓ Incentivar a los estudiantes a través de los docentes para que se utilice adecuadamente los equipos e infraestructura del laboratorio de Alto Voltaje de la Carrera Ingeniería Eléctrica, promoviendo la praxis como medio metodológico en el proceso de enseñanza aprendizaje de los mismos.
- ✓ Antes de la ejecución de los ensayos de pruebas de rutina de transformadores de distribución, el estudiante deberá revisar cada una de las guías y tener conocimientos claros de las Normas según corresponda.
- ✓ El profesor actuará como un facilitador, por lo tanto, es obligación de los estudiantes traer preparados los temas correspondientes a cada práctica, de manera que puedan establecerse intercambio de opiniones sobre los temas tratados.
- ✓ Es necesario tener conocimiento de las características y especificaciones de cada uno de los equipos que serán utilizados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, de tal forma que el estudiante esté capacitado para manipular y acoplar las conexiones para cualquier tipo de prueba presentadas en las guías.
- ✓ Repotenciar el laboratorio de equipos de Alto Voltaje mediante la implementación: de un variac trifásico para la elaboración de pruebas en vacío y cortocircuito de transformadores trifásicos y también un medidor de la rigidez dieléctrica para complementar las pruebas de rutina.
- ✓ No operar los equipos sin la obligada supervisión y autorización del laboratorista o el docente encargado.
- ✓ Por último se recomienda respetar la señalización del laboratorio de Alto Voltaje para prevenir cualquier tipo de daños materiales o accidentes en los estudiantes y docentes.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS

Glosario de términos:

Acoplador: Dispositivo eléctrico o electrónico que permite acoplar dos circuitos, sea para reducir las pérdidas, para bloquear o discriminar alguna de sus señales, u obtener alguna muestra de señal.

Aislante: Material o sustancia que presenta una conductividad eléctrica casi nula, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente ligados al núcleo, evitando su movimiento.

Amperímetro: Aparato medidor de la intensidad de corriente eléctrica que recorre un circuito; se utiliza colocándolo en serie dentro del mismo, al contrario de lo que sucede con un voltímetro, que se coloca en paralelo.

Ángulo de fase: Desplazamiento angular entre la forma de la onda de la tensión y de la corriente, medida en grados o radianes.

Borne: Cada uno de los botones o terminales metálicos a los cuales se unen los hilos conductores en un aparato eléctrico.

Conductividad: Capacidad que una sustancia posee para transmitir la corriente eléctrica o un flujo de energía.

Cortocircuito: Carga que se produce cuando un conductor sin conexión a tierra entra en contacto con otro conductor u objeto con conexión a tierra. 2. Conexión anómala de una impedancia relativamente baja, ya sea de forma intencionada o accidental, entre dos puntos con potencial diferente.

Dieléctrico: Medio o material utilizado para proporcionar aislamiento o separación eléctrica.

Electromagnético: Es la combinación de campos eléctricos y magnéticos originado por el movimiento de los electrones por el conductor.

Ohmio (Ω): Unidad de resistencia eléctrica que se define como la resistencia de un circuito con una tensión de un voltio y un flujo de corriente de un amperio.

Pararrayo: Protege al transformador contra sobrevoltajes, causadas por descargas atmosféricas y/o maniobras de cierre y apertura de los circuitos de distribución desviándolos a tierra.

Polaridad: Término eléctrico que se utiliza para indicar la relación de tensión con respecto a un potencial de referencia positivo (+). En cuanto a los transformadores, la polaridad es la indicación de la dirección del flujo de corriente a través de los terminales de alta tensión con respecto a la dirección a través de los terminales de baja tensión.

Praxis: Implica emprender una filosofía que difiera de la pura especulación, o de la contemplación. Mientras que una lección solamente se aprovecha a nivel intelectual, en un aula, las ideas se prueban y experimentan en el mundo real, secundadas por contemplación reflexiva.

Pushbutton: Pulsador.

Tierra: Término eléctrico que indica conexión a tierra. Conexión conductora, ya intencionada o accidental, por la que un circuito o equipo eléctrico se conecta a tierra o a cualquier otro cuerpo conductor de electricidad que pueda sustituir a la tierra.

Voltímetro: es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Siglas:

C.A: Corriente Alterna.

C.C: Corriente Continúa.

Cu: Símbolo del Cobre.

EEASA: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

f: Frecuencia.

FOA (Forced Oil and Air): Enfriamiento con aceite forzado y aire.

FOW (Forced Oil and Water): Enfriamiento con aceite forzado y agua.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

KV: Kilovoltios.

KVA: Kilovoltio-Amperio.

KVAR: kilovoltio Amperios Reactivos.

KW: Kilovatios.

KWh: Kilovatio-hora.

NEXT TEST: Siguiete Prueba

NTE: Normas Técnicas Ecuatorianas.

N/A: Normalmente abierto.

OA (Oil and Air): Enfriamiento natural aire-aceite.

TTR (Transformer Turns Ratio): Relación de Vueltas del Transformador

V: Voltaje.

VA: Voltio Amperios.

VAR: Voltio Amperio Reactivo.

X: Reactancia expresada en Ohmios.

Z: Impedancia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía Citada:

- ✓ **ALARCON, Pedro.** “Pruebas eléctricas de rutina a transformadores de distribución.”. Director: Manuel Moreno. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Tecnología en Electricidad, 2003.
- ✓ **ÁLVAREZ, Julio.** Electrónica y Máquinas Eléctricas. UTN, FRBA (prol.). Argentina: Alsina. 2009. p. 122-159.
- ✓ **CHAPMAN, Stephen.** “Máquinas Eléctricas”. BAE Systems Australia. 6ta ed. Mexico: The McGRAW-Hill. 2012. 462 p. ISBN: 978-607-15-0724-2.
- ✓ **EDUCAR, Chile.** Transformadores y Autotransformadores, ensayo en vacío y verificación. Chile. 2009. p.1-46.
- ✓ **EDUCACIONES, Cuba.** Instrumentación, Conceptos y Definiciones. Cuba. 2006. P. 1-18p.
- ✓ **ENRÍQUEZ, Harper.** Libro práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos. México: Limusa, 2004. 252p. ISBN: 968-18-6053-5.
- ✓ **ITURRALDE H. y MOSCOSO D.** “Diseño de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución y potencias de hasta 25Kva”. Director: Marcelo Barrera. Universidad Técnica de Cotopaxi”. Carrera de Ingeniería Eléctrica, 2012.
- ✓ **KOSOW, Irving.** Máquinas Eléctricas y Transformadores. Electric Machinery and Transformers (trad.). 2da ed. México: Prentice-Hall Inc. 1972. 637p. ISBN: 0-13-248733-0.
- ✓ **MEGGER, Compañía** “Instrumentos de Medición para instalaciones de Media y Alto Voltaje” Megger. Catálogos de Equipos Megger. 2012.
- ✓ **NTE INEN 2117.** Transformadores. Relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular. 1era ed. Ecuador: INEN, 1998.

- ✓ **NTE INEN 2118.** Transformadores. Medida de la resistencia de los devanados. 1era ed. Ecuador: INEN, 1998.
- ✓ **NTE INEN 2129.** Transformadores. Determinación del voltaje de cortocircuito. 1era ed. Ecuador: INEN, 1998.
- ✓ **PÉREZ, Alfonso.** Curso de Instrumentación. Instituto Tecnológico de San Luis. Potosi, 2000, 261p.

Bibliografía Virtual y Consultada:

- ✓ **LEAÑO, Raúl.** Texto de ELT 260. Maquinas Eléctricas de C.A.I. [En línea]. 2009[ref. 20 Mayo 2014]. Disponible en <http://mecanica.umsa.edu.bo/Libros/Lea3.pdf>
- ✓ **MEGGER,** Compañía “Instrumentos de Medición para instalaciones de Media y Alto Voltaje” [En Línea]. Megger. Catálogos de Equipos Megger. 2012 [ref. de 22 Mayo 2014], Disponible en: <http://www.megger.com/ec>.
- ✓ **NTE INEN 2110.** Transformadores. Definiciones. 1era ed. Ecuador: INEN, 1998.
- ✓ **NTE INEN 2111.** Transformadores de Distribución. Pruebas Eléctricas. 1era ed. Ecuador: INEN, 2004.
- ✓ **NTE INEN 2113.** Transformadores. Determinación de Pérdidas y Corriente sin Carga. 1era ed. Ecuador: INEN, 1998.
- ✓ **NTE INEN 2114.** Transformadores monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito. 1era ed. Ecuador: INEN, 2004.
- ✓ **NTE INEN 2115.** Transformadores de distribución nuevos trifásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito. 1era ed. Ecuador. INEN, 2004.
- ✓ **NTE INEN 2116.** Transformadores. Impedancia y pérdidas con carga. INEN, 1998.
- ✓ **ROJAS, Amancio.** Transformadores. Universidad Nacional de Santa. 3era ed. Perú, 2010. 32p.

ANEXOS

Anexo 1.- Formato de Encuesta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

Encuesta dirigida a los señores estudiantes del cuarto a noveno ciclo de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Objetivo

La presente encuesta tiene como objetivo identificar el uso, grado de conocimientos y manipulación que tienen los estudiantes que utilizan el laboratorio de equipos de alto voltaje, con la finalidad de determinar la factibilidad de optimizar este laboratorio mediante la implementación de guías prácticas, para el desarrollo de procedimientos seguros, logrando así garantizar un mejor aprendizaje y evitando daños innecesarios en los equipos manipulados en las horas clase que se imparten en el mismo.

Indicaciones

Para el siguiente listado de preguntas por favor dígnese marcar con una (X) los casilleros que de acuerdo a su criterio y de forma concisa refleje la realidad de las preguntas efectuadas a continuación:

1.- ¿Conoce usted el funcionamiento de los siguientes equipos existentes en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica?

Megger MIT520/2	
Multímetro de potencia PMM-1	
Módulo de pruebas	

Megger TTR 100	
----------------	--

|

2.- ¿Ha manejado o utilizado usted en alguna práctica de laboratorio algunos de los equipos antes mencionados?

Todos	
Algunos de ellos	
Ninguno	

3.- ¿Cree usted que se utiliza adecuadamente los equipos de laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica?

Totalmente	
Parcialmente	
Inadecuadamente	

4.- ¿Conoce usted si los equipos del laboratorio de Alto Voltaje cuentan con sus respectivos manuales de operación para su correcta utilización y manipulación en el desarrollo de prácticas?

Todos	
Muy pocos	
Ninguno	

5.- ¿Considera usted necesario conocer los respectivos procedimientos prácticos de cada equipo existente en el laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica?

Muy necesario	
Poco necesario	
Innecesario	

6.- ¿Existe la publicación de las normas de seguridad eléctricas visibles para el manejo de los equipos dentro del laboratorio?

Absolutamente	
Parcialmente	
Nada	

7) ¿Conoce usted el grado de peligrosidad que existe al realizar las prácticas con los equipos del laboratorio de Alto Voltaje?


Muy alto	
Alto	
Bajo	

8.- ¿Qué tan importante considera usted la implementación de guías, para el desarrollo de procedimientos seguros en las prácticas que se realizan con los equipos de alto voltaje existentes en el laboratorio de la carrera de Eléctrica para mejorar el aprendizaje de los alumnos y prevenir daños en los equipos?


Muy importante	
Poco importante	
Nada importante	

¡GRACIAS POR SU GENTIL COLABORACIÓN!


Anexo 2: Formato de protocolo de pruebas de rutina de transformadores trifásicos.

 UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI CIENCIA DE LA INGENIERIA Y APLICADAS INGENIERIA ELECTRICA PROTOCOLO DE PRUEBAS DE RUTINA DE TRANSFORMADORES NTE INEN 2138										
DATOS DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO										
No.		POTENCIA		VA		$\sqrt{3}$	1,73205081			
SERIE		MARCA								
IMPEDANCIA		%	CONEXIÓN		FECHA:	11/02/2015 21:47				
VOLTAJE M.V.		V	VOLTAJE B.V.(ff)		V	VOLTAJE B.V.(fn)		V	COBRE 234,5	
CORRIENTE M.V.	#i DIV/0!	A	CORRIENTE M.V.	#i DIV/0!	A					
PRUEBAS DE RUTINA										
1.- MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)										
M.V.: H1-H2		Ω	H2 - H3		Ω	H3 - H1		Ω		
B.V.: X1-X2		Ω	X2 - X3		Ω	X3 - X1		Ω		
2.- MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)										
Mediciones										
	M.V. - B.V.		M.V. - T		B.V. - T	Pararrayo 1	Pararrayo 2	Pararrayo 3		
T 30 segundos	$G\Omega$		$G\Omega$		$G\Omega$					
T 60 segundos	$G\Omega$		$G\Omega$		$G\Omega$					
Respuesta	#i DIV/0!		#i DIV/0!		#i DIV/0!	#i DIV/0!	#i DIV/0!	#i DIV/0!		
3.- MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION NTE INEN 2117										
POSICION TAP	VOLTAJE		FASE A	FASE B	FASE C	% ERROR A	% ERROR B	% ERROR C		
1	0									
2										
3	0									
4	0									
5	0									
4.- PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO NTE INEN 2115										
CIRCUITO ABIERTO		CORTOCIRCUITO				TK:	1,2805611			
		T. AMBIENTE	15	°C		85	°C		lcc med. MV ##### A	
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V	#i DIV/0!	W			
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A					
POTENCIA		W	POTENCIA total		W	PERDIDA TOTA	#i DIV/0!	W		
% fp		%	fp		%					
REVISADO POR:										
APROBADO POR:										
OBSERVACIONES:										

Anexo 3: Formato de protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos.

		UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI CIENCIA DE LA INGENIERIA Y APLICADAS INGENIERIA ELECTRICA PROTOCOLO DE PRUEBAS DE RUTINA DE TRANSFORMADORES NTE INEN 2138				
DATOS DEL TRANSFORMADOR MONOFASICO						
No.		POTENCIA		VA		
SERIE		MARCA		POLARIDAD	ADITIVA	
IMPEDANCIA	%	GRUPO VECT.	1PH0	FECHA:	11/02/2015 21:47	
VOLTAJE M.V.	V	VOLTAJE B.V.(ff)		VOLTAJE B.V.(fn)	V	
CORRIENTE M.V	#i DIV/0! A	CORRIENTE B.V.	#i DIV/0! A	MATERIAL DE LOS DEVANADOS:	COBRE 234,5	
PRUEBAS DE RUTINA						
1.- MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)						
M.V.: H1-H0		Ω				
B.V.: X3-X1		Ω				
2.- MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)						
Mediciones						
	M.V. - B.V.	B.V. - T	PARARRAYO			
T 30 segundos	$G\Omega$	$G\Omega$		$G\Omega$		
T 60 segundos	$G\Omega$	$G\Omega$		$G\Omega$		
Respuesta	#i DIV/0!	#i DIV/0!		#i DIV/0!		
3.- MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION NTE INEN 2117						
POSICION TAP	VOLTAJE	FASE A	% ERROR			
1	0					
2	0					
3	0					
4	0					
5	0					
4.- PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO NTE INEN 2114						
CIRCUITO ABIERTO		CORTOCIRCUITO			TDK:	1,280561
		T. AMBIENTE	15	$^{\circ}C$	85	$^{\circ}C$
VOLTAJE (ff)	V	VOLTAJE	V	#i DIV/0!	W	lcc med. MV #i DIV/0! A
CORRIENTE	A	CORRIENTE	A			
POTENCIA	W	POTENCIA	W		PERDIDA TOTAL: #i DIV/0! W	
% fp	%	fp	%			
REVISADO POR:		APROBADO POR:				
OBSERVACIONES:						

Anexo 4: Protocolo de pruebas de un transformador trifásico de 15kVA con los equipos de la UTC.

		UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI CIENCIA DE LA INGENIERIA Y APLICADAS INGENIERIA ELECTRICA PROTOCOLO DE PRUEBAS DE RUTINA DE TRANSFORMADORES NTE INEN 2138					
DATOS DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO							
No.	10927	POTENCIA	15000	VA		$\sqrt{3}$	1,73205081
SERIE	1584414	MARCA	ECUATRAN				
IMPEDANCIA	3	%	CONEXIÓN	DYn5	FECHA:	16/03/2015 10:32	
VOLTAJE M.V.	13800	V	VOLTAJE B.V.(ff)	220	V	VOLTAJE B.V.(fn)	127
CORRIENTE M.V.	0,627555	A	CORRIENTE M.V	39,3648	A		
PRUEBAS DE RUTINA							
1.- MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)							
M.V.: H1-H2	225	Ω	H2 - H3	228	Ω	H3 - H1	224
B.V.: X1-X0	0,0237	Ω	X2 - X0	0,0201	Ω	X3 - X0	0,0212
2.- MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)							
Mediciones							
	M.V. - B.V.		M.V. - T		B.V. - T	Pararrayo 1	Pararrayo 2
T 30 segundos	362	G Ω	138	G Ω	110	G Ω	
T 60 segundos	496	G Ω	163	G Ω	125	G Ω	
Respuesta	1,37		1,18		1,14	#iDIV/0!	#iDIV/0!
3.- MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION NTE INEN 2117							
POSICION TAP	VOLTAJE		FASE A	FASE B	FASE C	% ERROR A	% ERROR B
1	14145		117,82	117,84	117,92	0,06	0,07
2	13800		115,07	115,09	115,12	0,06	0,06
3	13455		112,2	112,23	112,27	0,05	0,05
4	13110		109,37	109,39	109,41	0,06	0,07
5	12765		106,47	106,54	106,55	0,05	0,06
4.- PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO NTE INEN 2115							
CIRCUITO ABIERTO		CORTOCIRCUITO			TK:	1,2504892	
		T. AMBIENTE	21	°C	85	°C	lcc med. MV 0,63 A
VOLTAJE (ff)	120	V	VOLTAJE	455	V	486,15	W
CORRIENTE	0,39	A	CORRIENTE	0,62	A		
POTENCIA	107	W	POTENCIA total	476	W	PERDIDA TOTA	593,15 W
% fp	88	%	fp	56	%		
REVISADO POR:					APROBADO POR:		
OBSERVACIONES:							

Anexo 5: Protocolo de pruebas de un transformador trifásico de 15kVA con los equipos de la EEASA.



EMPRESA ELECTRICA AMBATO S.A
LABORATORIO DE TRANSFORMADORES

No. : 10927	POTENCIA : 15 KVA	1 Ø:	3 Ø: x
SERIE : 1584414	MARCA : ECUATRAN	AÑO FABR : 01/2015	TIPO : S
IMPEDANCIA : 3 %	GRUPO : DY5	POLARIDAD :	
VOLTAJE M.T : 13800 V	VOLTAJE B.T : 127/220 V	Fecha Prueba: 27-01-2015	
CORRIENTE M.T : 0.62 A	CORRIENTE B.T : 39.36 A		

TRABAJO REALIZADO : Prueba

PROPIETARIO : EEASA

1.- MEDICION DE RESISTENCIAS :

ENCARGADO : BODEGA

M.T : 100 Ω	H1 - H0 : 225.2 Ω	H2 - H3 : 224.8 Ω	H3 - H1 : 227 Ω
B.T : 1 Ω	X1 - X0 : 0.0221 Ω	X2 - X0 : 0.0221 Ω	X3 - X0 : 0.0223 Ω

2.- MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO:

MEGUER : 5000 V	M.T-T : 169 G Ω	B.T-T : 118 G Ω	M.T-B.T : 505 G Ω
PARARAYO 1 :	PARARAYO 2 :	PARARAYO 3 :	

3.- MEDICION DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE :

NORMA	1	2	3	4	5	PROM.
NUEVO	KV	KV	KV	KV	KV	0

4.- MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION :

POS.	VOLTAJE	FASE U	FASE V	FASE W	POS NOMINAL	POS MINIMA	POS MAXIMA	% ERROR U	% ERROR V	% ERROR W
1	14145	111.43	111.44	111.35	111.36	111.355	111.365	.063	.072	-.009
2	13800	108.7	108.71	108.62	108.64	108.635	108.645	.055	.064	-.018
3	13455	105.98	105.98	105.9	105.93	105.925	105.935	.047	.047	-.028
4	13110	103.27	103.28	103.19	103.21	103.205	103.215	.058	.068	-.019
5	12765	100.55	100.56	100.47	100.5	100.495	100.505	.05	.06	-.03

5.- PRUEBAS DE CORTO CIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO :

CIRCUITO ABIERTO.		CORTO CIRCUITO		TDK :	1.251
		T. Ambiente : 21 °C		T 85 °C	
VOLTAJE :	220 (V)	VOLTAJE :	369 (V)	(V)	
CORRIENTE :	0.22 (A)	CORRIENTE :	0.62 (A)	(A)	
POTENCIA :	69.8 (W)	POTENCIA :	225.4 (W)	289.79 (W)	
% I _o :	0.55 (%)	U _z :	0.68 (%)	(%)	

REALIZADO POR : _____

APROBADO POR : _____

FECHA : 03-FEB-15

PASA LA PRUEBA

Anexo 6: Pruebas de rutina de transformadores monofásicos de distribución.

Módulo de Pruebas.



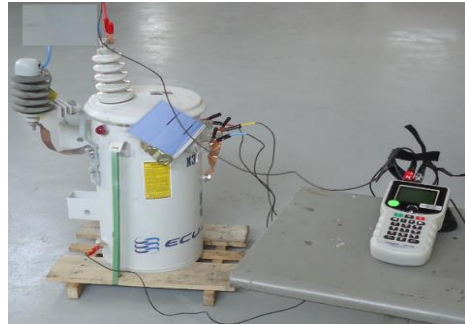
Conexión del transformador monofásico, Modulo de Pruebas y el PMM-1.



Conexión del transformador monofasico y el MEGGER MIT520/2.



Conexión de TTR con el transformador monofásico.



Anexo 7: Pruebas de rutina de transformadores trifásicos de distribución.

Conexión de transformador trifásico con el TTR.



Conexión de transformador trifásico con el MEGGER MIT520/2.



Conexión de transformador trifásico con el Módulo de pruebas y el PMM-1.



Anexo 8: Señalizaciones.



Anexo 9.- Equipos de Alto Voltaje.



Anexo 10: Laboratorio de alto voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UTC.



Anexo 11.- Guías prácticas.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Técnica de Cotopaxi, en pos de un mejoramiento continuo y con el objetivo de alcanzar la excelencia académica, ha venido paulatinamente implementando y desarrollando la infraestructura adecuada para el proceso de aprendizaje. El presente trabajo de investigación tiene como objeto de estudio al laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería Eléctrica, en el que se realizan prácticas mediante la tutoría del docente, este laboratorio cuenta con equipos tecnológicos actuales para el desempeño de prácticas y procedimientos orientados al control, medición y manejo de alta potencia como:

- ✚ TTR 100 (MEGGER)
- ✚ MEGGER MIT520/2
- ✚ MULTÍMETRO DE POTENCIA PMM-1
- ✚ MÓDULO DE PRUEBAS

Se determinó que es importante que el laboratorio cuente con guías técnicas o prácticas preestablecidas de los equipos, para un mejor desarrollo de las actividades dirigidas a los alumnos en cuanto al manejo, armado y ejecución de las mismas, con ello se logrará precautelar la vida útil de los equipos y la disminución de daños generados en los estudiantes que realizan la manipulación de los equipos en el laboratorio.

SEGURIDAD







Las cinco reglas de oro:




- ✓ Desconectar la parte de la instalación en la que se va a trabajar aislándola de todas las posibles fuentes de tensión.
- ✓ Prevenir cualquier posible realimentación, preferiblemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
- ✓ Verificar la ausencia de tensión en todos los elementos activos de la zona de trabajo.
- ✓ Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión. En instalaciones de baja tensión sólo será obligatorio si por inducción u otras razones, pueden ponerse accidentalmente en tensión.
- ✓ Proteger la zona de trabajo frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitarla.

Reconocimiento de los equipos para las prácticas.

Reconocimiento del equipo MEGGER TTR 100.

DISPOSITIVOS DEL MEGGER TTR 100	
Cable de alimentación del equipo de 120V	
Panel frontal de control	

COMPONENTES DEL MEGGER TTR 100		
Contraste	Esta perilla ajusta la resolución de la vista en la pantalla.	
Paro de emergencia	Al pulsar cualquier tecla del teclado se dará por finalizado la prueba en curso.	
Retroiluminación	Una depresión momentánea de esta llave activará o desactivará la retroiluminación.	
Botón de encendido y apagado	<p>Verde: Al pulsar momentáneamente esta llave se activará el TTR 100.</p> <p>Rojo: Al pulsar momentáneamente esta llave se desactivará el TTR 100.</p>	
Teclas de desplazamiento	Teclas de desplazamiento a la derecha e izquierda.	
Teclas de función práctica	Se usa para volver a la pantalla de Menú Principal desde cualquier otra pantalla.	

<p>Teclado</p>	<p>Es para ingresar a selecciones de menú y navegar por las diversas pantallas.</p>	
<p>Pinzas de salida del TTR Rojo (H) medio voltaje, Negro (x) bajo voltaje</p>	<p>Rojo (H): Cables de prueba para los devanados de medio voltaje del transformador.</p> <p>Negro (x): Cables de prueba para los devanados de bajo voltaje del transformador.</p>	
<p>Panel de conectores</p>	<p>Se encuentra en la parte superior, conector de las salidas de alto voltaje (H), conector de las salidas de bajo voltaje (x), Cargador y Salida para cable RS232.</p>	

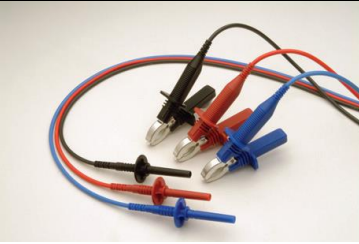




Reconocimiento del equipo MEGGER MIT 520/2.

<p>DISPOSITIVOS DEL MEGGER MIT 520/2</p>	
<p>Cable de alimentación del equipo de 120V</p>	

Panel frontal de control



COMPONENTES DEL MEGGER MIT 520/2





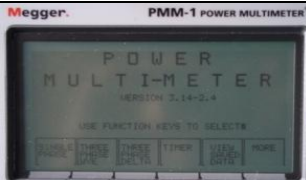

Pinzas de salida para las pruebas	Rojo: Positivo del MEGGER MIT 520/2. Negro: Negativo del MEGGER MIT 520/2. Azul: Guarda del MEGGER MIT 520/2.	
Encender el equipo	Botón de encender el equipo.	
Botones el voltaje	Permite subir/bajar el voltaje para la prueba, tiene 5 posiciones: 250v, 500v, 1000v, 2500v y 5000v.	
Botones para el tiempo	Permite escoger el tiempo que desee para la prueba.	
TEST	Empezar la prueba.	


Conectores de salida del MEGGER MIT 520/2	Positivo, negativo y guarda.	
--	------------------------------	--

Reconocimiento del equipo multímetro de potencia PMM-1.

DISPOSITIVOS DEL EQUIPO PMM-1	
Equipo PMM-1, Panel frontal.	
Cables de corriente hasta 100 Amperios (Amp) calibre del conductos N° 6 AWG / 600V	
Cables de voltaje hasta 750 Voltios (V)	
Cable de comunicación RS232	



<p>Cable de alimentación del equipo de 120V</p>	
--	--

<p>COMPONENTES DEL EQUIPO PMM-1</p>		
<p>Interruptor principal</p>	<p>Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.</p>	
<p>Indicador de línea</p>	<p>El indicador se ilumina cuando el enchufe de entrada del equipo está conectado a una línea eléctrica.</p>	
<p>Batería cargada</p>	<p>El LED se ilumina cuando la batería se está cargando a toda su capacidad o se ha descargado hasta un 20% de su capacidad</p>	
<p>Terminal de protección a tierra</p>	<p>El terminal de protección a tierra debe estar conectado a una toma de tierra antes de hacer otras conexiones con el instrumento y antes de trabajar con ella</p>	
<p>Pantalla.</p>	<p>La pantalla es una LCD de alta resolución gráfica.</p>	
<p>Teclas de función.</p>	<p>Estos botones son operados en conjunto con la pantalla. La pantalla proporciona una indicación de la tecla de función. La función de cada tecla varía en cada pantalla.</p>	

<p>Tecla menú.</p>	<p>Cuando se pulsa la tecla MENU el equipo regresa al menú principal.</p>	
<p>Teclas de cursor</p>	<p>Las teclas de cursor permiten al operador moverse, en las direcciones izquierda y derecha, arriba o abajo a diferentes campos en la pantalla.</p>	
<p>Entradas de Voltaje.</p>	<p>Los voltajes de una a tres fases se conectan a los bornes de conexión, según el color indicado: Rojo fase A, amarillo fase B, azul fase C y el color blanco es el neutro.</p>	
<p>Reset.</p>	<p>Este botón se utiliza para restablecer el contador de ciertas pantallas de medición, y aplicación exclusiva para la prueba de relés.</p>	
<p>Entradas de corriente.</p>	<p>Tres circuitos de corriente independiente pueden ser conectados a estos conectores de unión. La polaridad correcta, determina la medición del ángulo de fase, se indica mediante el terminal de color rojo y con el terminal negro según corresponda la bornera.</p>	

Reconocimiento del equipo módulo de pruebas.

DISPOSITIVOS DEL MODULO DE PRUEBAS	
Cable de alimentación del equipo de 120V	
Panel frontal de control.	
Analizador de calidad de energía MICROVIP MK1.2	
Variac utilizado en el equipo de pruebas de transformadores.	

COMPONENTES DEL MÓDULO DE PRUEBAS		
Interruptor principal (General)	Es el dispositivo es utilizado para encender el módulo de pruebas.	
Paro de emergencia	Permite retirar los seguros del equipo	

<p>Indicador verde</p>	<p>El indicador verde se ilumina cuando se retira el paro de emergencia.</p>	
<p>Salida</p>	<p>Dispositivo para enviar la corriente a las pinzas del equipo.</p>	
<p>Indicador amarillo</p>	<p>El indicador amarillo se ilumina cuando las pinzas están energizadas</p>	
<p>Pinzas de corriente Positivo y negativo</p>	<p>Alimenta de corriente al transformador.</p>	

Porcentajes de error aceptados para las pruebas de rutina en transformadores de distribución.

TABLA 1. PORCENTAJES DE ERROR NORMA NTE INEN 2111.

CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA
1. PÉRDIDAS 1.1 Pérdidas totales 1.2 Pérdidas con carga 1.3 Pérdidas sin carga (en vacío)	+ 6 % de las pérdidas declaradas + 10 % de las pérdidas declaradas. Teniendo en cuenta que no se haya sobrepasado la tolerancia para las pérdidas totales. + 10 % de las pérdidas declaradas. Teniendo en cuenta que no se haya sobrepasado la tolerancia para las pérdidas totales.
2. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN SIN CARGA (en vacío) DE LA DERIVACIÓN PRINCIPAL (RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN PRINCIPAL)	El más bajo de los siguientes valores: a) $\pm 0,5\%$ de la relación declarada. b) Un porcentaje de la relación de transformación declarada igual al 10% del voltaje de cortocircuito. Si el voltaje por espira excede esta tolerancia, la relación en las derivaciones debe corresponder a la relación de la espira más cercana.
3. VOLTAJE DE CORTOCIRCUITO 3.1 Para la derivación principal (voltaje nominal de cortocircuito) 3.1.1 Transformadores con dos devanados 3.1.2 Transformadores con más de dos devanados. 3.2 Para derivaciones diferentes a la derivación principal.	Comprende a los valores indicados en las tablas 1 y 2 de las NTE INEN 2 114 y 2 115 $\pm 10\%$ del voltaje de cortocircuito declarado para esa derivación. $\pm 10\%$ del voltaje de cortocircuito declarado para un par especificado de devanados. $\pm 15\%$ del voltaje de cortocircuito declarado para un segundo par especificado de devanados. Para los demás pares de devanados pueden ser acordadas y establecidas sus tolerancias. $\pm 15\%$ del valor establecido para cada derivación dentro del $\pm 5\%$ de la derivación principal. Para las otras derivaciones, la tolerancia se establecerá por acuerdo entre fabricante y comprador.
4. CORRIENTE SIN CARGA (en vacío)	$\pm 30\%$ de la corriente sin carga (en vacío) declarada.
5. EFICIENCIA	De acuerdo con las tolerancias para pérdidas.
6. REGULACIÓN	De acuerdo con las tolerancias para voltaje de cortocircuito y pérdidas con carga.

PRÁCTICAS

Practica N° 1

Tema: Medición de la resistencia de los devanados, relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular en transformadores monofásicos.

Objetivo: Comprobar los valores de resistencia de los devanados, relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular según las normas NTE INEN 2118 y NTE INEN 2117 respectivamente.

Equipos y materiales:

- ✓ TTR 100.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Megger TTR 100.-** Es un medidor automático de relación de transformación, operado a batería, portátil, monofásico utilizado para medición de relación de espiras, corriente de excitación, desplazamiento de fase, resistencia y polaridad de devanados en transformadores de

distribución monofásicos y trifásicos (ensayados fase por fase), transformadores de corriente y tensión y transformadores con tomas. Las desviaciones en las mediciones mencionadas indican problemas en los circuitos de los devanados del transformador o del núcleo magnético.

- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

La medida de la resistencia de los devanados se efectúa generalmente por los métodos de la caída de voltaje. Esto consiste en observar la caída de voltaje, conociendo la intensidad de la corriente que pasa por el devanado cuya resistencia se está determinando y haciendo el cálculo respectivo.

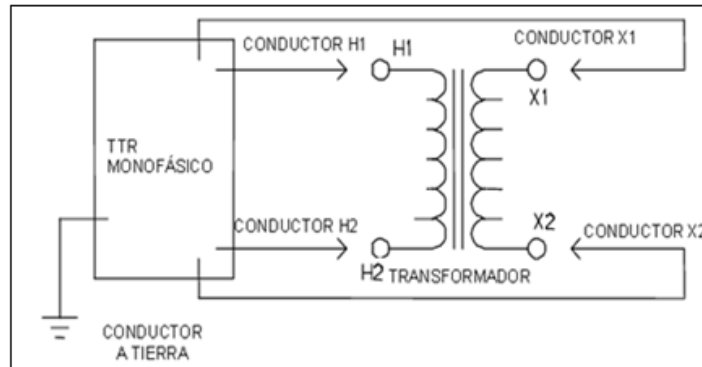
Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar sobre los datos básicos que se presentan en una placa de datos de un transformador monofásico.
- 2) Investigar sobre una máquina eléctrica estática y sus aplicaciones.
- 3) Consultar los tipos de polaridad de los transformadores monofásicos.

Diagramas de circuitos.

El siguiente diagrama se empleará para todos los taps del transformador.

FIGURA 1. DIAGRAMA DE CONEXIÓN MONOFÁSICO CON EL TTR.



Formulario para los cálculos:

1) Relación de transformación.

$$a = \frac{V1}{V2}$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

2) Porcentaje de error de la relación de transformación (monofásico y trifásico).

$$\% \text{ERROR} = \frac{a \text{ MEDIDA} - a \text{ CALCULADA}}{a \text{ MEDIDA}} * 100$$

% ERROR= Porcentaje de error de la relación de transformación (%).

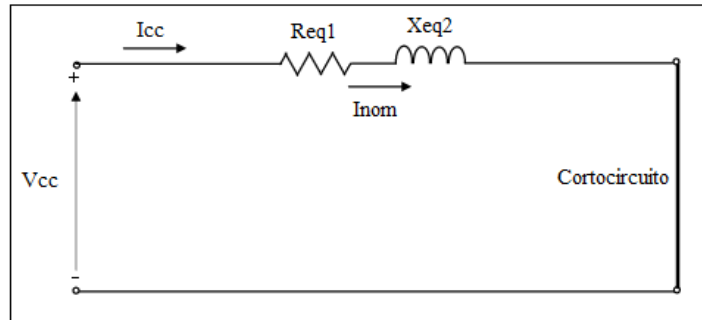
a MEDIDA= Relación de transformación medida.

a CALCULADA= Relación de transformación calculada.

3) Resistencia de los devanados monofásicos.

Esquema para el cálculo de las resistencias de los devanados tanto para medio y bajo voltaje:

FIGURA 2. CIRCUITO EQUIVALENTE SIMPLIFICADO.



✓ **Corriente nominal de medio voltaje:**

$$I_1 = \frac{S_{KVA}}{V} = I_{CC}$$

S_{KVA} : Potencia aparente (KVA).

V: Voltaje nominal (V).

$I_{CC} = I_1$: Corriente de cortocircuito (A).

✓ **Resistencia de cortocircuito:**

$$R_{CC} = \frac{P_{CC}}{I_{CC}^2} = R_{eq1}$$

P_{CC} : Perdidas de cortocircuito (W).

R_{eq1} : Resistencia equivalente de medio voltaje (Ω).

✓ **Resistencia de medio y bajo voltaje:**

$$\mathbf{RH} = \frac{\mathbf{Req1}}{2}$$

$$\mathbf{Rx} = \frac{\mathbf{Req1}}{2a^2}$$

RH: Resistencia de medio voltaje (Ω).

Rx: Resistencia de bajo voltaje (Ω).

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Realizar la práctica para cada uno de los taps.
- ✓ El cable de color verde del TTR 100, conectar a tierra.
- ✓ Las resistencias de los devanados de medio y bajo voltaje se realizan en el tap nominal del transformador.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio y bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ Verificar todas las conexiones antes de continuar con la prueba.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar cualquier tecla del TTR 100.

Procedimiento:

- 1) Ubicar el transformador fuera de cualquier peligro expuesto y verificar que la conexión a tierra con el neutro del transformador este desconectado.

- 2) Desconectar el pararrayo del transformador.
- 3) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.
- 4) Pulsar momentáneamente el botón verde hasta que se encienda el TTR 100.
- 5) Pulsar la tecla 5 para **SETEAR SISTEMA**.
 - Opción 1: **STANDARD**; Se tiene 3 ítems IEC, ANSI, AU (Australiana), escoger la norma del transformador a ser realizado la prueba y presionar enter.
 - Opción 2: **FASE**; Se tiene 3 ítems DEGREES (grados), CENTIRADIANS (centiradianes) y NO (sin desfase), escoger una de las tres opciones y presionar enter.
 - Opción 3: **RESISTANCE TEST**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la resistencia de los devanados y presionar enter.
 - Opción 4: **POLARIDAD**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la polaridad y presionar enter.
- 6) Presionar la opción 6 para regresar al menú principal.
- 7) En el menú principal escoger la opción 1 **XFMR. CONFIG.:**
 - Escoger la opción 1 **MONOFÁSICO XFMRS.**
 - Escoger la opción del tipo de transformador que va a realizar la prueba.
- 8) El equipo inmediatamente muestra la configuración del tipo de transformador que se realiza la prueba, como muestra la (figura 1), conectar las salidas del TTR 100 al transformador y presionar enter.
- 9) Escoger la opción de las características del transformador según el nivel de voltaje y potencia. Dirigirse al menú principal y escoger la opción 3, **INICIO DE TEST TOTAL.**
- 10) En la opción de llenar los datos del transformador:
 - Ingresar los datos del transformador: La identificación, valor en voltios de medio voltaje, número de taps y presionar enter. Luego escoger la opción 1 **CONTINUAR.**

- Ingresar los datos del transformador: El número del tap nominal de medio voltaje y presionar enter. Luego escoger la opción 1 **CONTINUAR**.
- Llenar los datos del transformador: El valor de bajo voltaje entre línea a línea y presionar enter, luego escoger la opción 1 **CONTINUAR**.

11) Prueba en el Tap 1.- Cambiar la posición del tap del transformador, ingresar en el TTR 100 el número de tap de la prueba y presionar enter. Presionar la opción 3 **INICIAR TEST**.

- En la pantalla se muestra el test en progreso y esperar hasta que termine la prueba.
- Se muestra con las flechas todos los resultados del tap y anotar los resultados obtenidos en la tabla 1 y 2 respectivamente. Presionar la opción 5 **NEXT TEST** para la siguiente prueba con el siguiente tap.

12) Cambiar el tap del transformador a la posición siguiente, también en el TTR 100 y repetir las pruebas para todos los taps desde el literal **11**.

Notas:

- En caso de emergencia al momento de realizar el test en proceso y desea parar la prueba pulsar cualquier tecla del TTR 100.

13) Una vez concluido la prueba con todos los taps, se deberán registrar los datos medidos por el TTR 100 en los cuadros de color amarillo de la tabla 2 y 3 según corresponda.

TABLA 2. MEDICIÓN RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS NTE INEN 2118.

MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)		
M.V.: H1-H0		Ω
B.V.: X3-X1		Ω

TABLA 3. MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117			
POSICIÓN TAP	VOLTAJE	FASE A	% ERROR
1			
2			
3			
4			
5			

14) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N° 2

Tema: Medición de la resistencia de los devanados, relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular en transformadores trifásicos de distribución.

Objetivo: Comprobar los valores de resistencia de los devanados, la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular según las NTE INEN 2118 y NTE INEN 2117 respectivamente.

Equipos y materiales:

- ✓ TTR 100.
- ✓ Transformador trifásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Megger TTR 100.-** Es un medidor automático de relación de transformación, operado a batería, portátil, monofásico utilizado para medición de relación de espiras, corriente de excitación, desplazamiento de fase, resistencia y polaridad de devanados en transformadores de

distribución monofásicos y trifásicos (ensayados fase por fase), transformadores de corriente y tensión y transformadores con tomas. Las desviaciones en las mediciones mencionadas indican problemas en los circuitos de los devanados del transformador o del núcleo magnético.

- **Transformador Trifásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han enrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor, en este caso tiene tres bobinados.

Introducción.

La medida de la resistencia de los devanados se efectúa generalmente por los métodos de la caída de voltaje. Esto consiste en observar la caída de voltaje, conociendo la intensidad de la corriente que pasa por el devanado cuya resistencia se está determinando y haciendo el cálculo respectivo.

Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar conceptos básicos para la elaboración de prueba de resistencia de los devanados en transformadores trifásicos.
- 2) Consultar los tipos de conexión de los transformadores trifásicos.
- 3) Realizar un reconocimiento del equipo antes utilizar en la práctica.

Diagramas de circuitos.

Se debe recalcar que los siguientes diagramas, se empleará para todos los taps y para cada fase.

FIGURA 3. DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE A CON EL TTR.

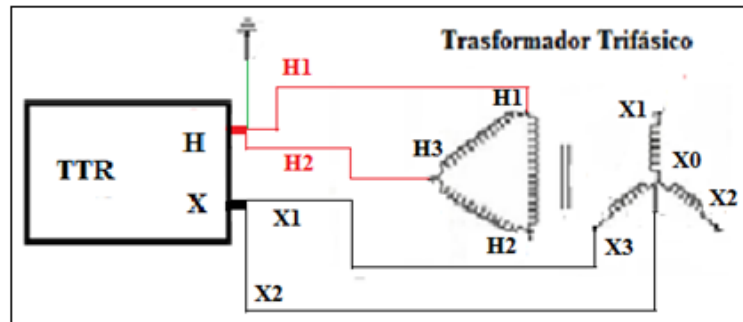


FIGURA 4. DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE B CON EL TTR.

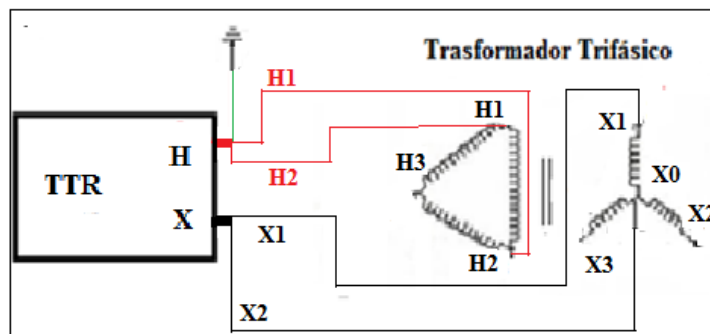
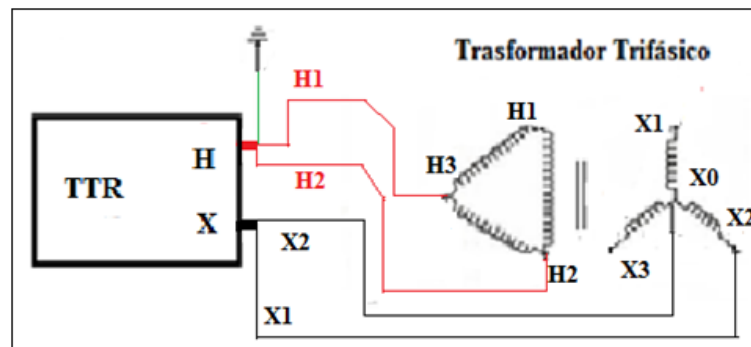


FIGURA 5. DIAGRAMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO FASE C CON EL TTR.



Formulario para los cálculos:

1) Relación de transformación.

$$a = \frac{V1}{V2}$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

2) Porcentaje de error de la relación de transformación (monofásico y trifásico).

$$\% \mathbf{ERROR} = \frac{a \text{ MEDIDA} - a \text{ CALCULADA}}{a \text{ MEDIDA}} * 100$$

% ERROR= Porcentaje de error de la relación de transformación (%).

a MEDIDA= Relación de transformación medida.

a CALCULADA= Relación de transformación calculada.

Nota: Para el cálculo de la resistencia de los devanados realizar como si fuera un transformador monofásico para cada fase.

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Realizar la práctica para cada uno de los taps.
- ✓ El cable de color verde del TTR, conectar a tierra.
- ✓ Las resistencias de los devanados de medio y bajo voltaje se realizan en el tap nominal del transformador.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio y bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones

inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.

- ✓ Verificar todas las conexiones antes de continuar con la prueba.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar cualquier tecla del TTR 100.

Procedimiento:

1) Ubicar al transformador fuera de cualquier peligro expuesto y verificar que la conexión a tierra con el neutro del transformador este desconectado.

2) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.

3) Pulsar momentáneamente el botón verde hasta que se encienda el TTR 100.

4) Pulsar la tecla 5 para **SETEAR SISTEMA**.

- Opción 1: **STANDARD**; Se tiene 3 ítems IEC, ANSI, AU (Australiana), escoger la norma del transformador a ser realizado la prueba y presionar enter.
- Opción 2: **FASE**; Se tiene 3 ítems DEGREES (grados), CENTIRADIANS (centiradianes) y NO (sin desfase), escoger una de las tres opciones y presionar enter.
- Opción 3: **RESISTANCE TEST**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la resistencia de los devanados y presionar enter.
- Opción 4: **POLARIDAD**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con la flechas si desea que mida la polaridad y presionar enter.

5) En el menú principal escoger la opción 1 **XFMR. CONFIG.**

- Escoger la opción 2 **TRIFÁSICO XFMR.**
- Seleccionar la configuración del transformador que se va a realizar la prueba.
- Seleccionar el grupo vectorial del transformador y regresar al menú principal.

6) Elegir la opción 3, **INICIO DE TEST TOTAL**. Donde aparece la opción de llenar los datos del transformador: La identificación, valor en voltios de medio y bajo voltaje presionado la opción que desea ingresar.

- Presionar la opción 2: **ID**; La identificación y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **TENSIÓN H, V**: El valor en voltios de medio voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 4: **No. DE H TAPS**: Número de taps en medio voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.
- Presionar la opción 2: **NOM. V H TAP No**: Número de tap nominal de medio voltaje del transformador y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **MAYO V H TAP No**: Número de tap mayor de medio voltaje del transformador y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.
- Presionar la opción 2: **TENSION X, V**: El valor en voltios de bajo voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 3: **No. DE X TAPS**: El número de taps en bajo voltaje y presionar enter.
- Presionar la opción 1 para **CONTINUAR** ingresando los datos.

7) **Prueba en el Tap 1.-** Cambiar la posición del tap del transformador, ingresar en el TTR 100 el número de tap de la prueba y presionar enter. Presionar la opción 3 **INICIAR TEST**.

8) Luego presionar la opción 3 que es **INICIAR TEST**. Donde en la pantalla aparece las conexiones para la fase A (figura 3) y conectar. Presionar la opción 1 que es **INICIAR TEST**.

- Esperar que culmine la prueba para continuar.
- Una vez obtenido los resultados de la fase A, seguir continuando con las flechas del TTR 100 hasta que aparezca la opción 5 de **CONTINUAR**.

9) Luego aparece en la pantalla las conexiones para la fase B (figura 4) y conectar. Presionar la opción 1 que es **INICIAR TEST**.

- Esperar que culmine la prueba para continuar.
- Una vez obtenido los resultados de la fase B, seguir continuando con las flechas del TTR 100 hasta que aparezca la opción 5 de **CONTINUAR**.

10) Luego aparece en la pantalla las conexiones para la fase C (figura 5) y conectar. Presionar la opción 1 que es **INICIAR TEST**.

- Esperar que culmine la prueba para continuar.

11) Los resultados de las tres fases se visualizarán en la pantalla del TTR 100, seguir continuando con los demás resultados con la ayuda de las flechas del TTR 100 y anotar estos resultados en la tabla 4 y 5 respectivamente. Luego la opción 5 de **CONTINUAR**.

- Presionar la opción 4 **NEXT TEST**.

12) Cambiar el tap del transformador a la posición siguiente, también en el TTR 100 y repetir las pruebas para todos los taps y fases desde el literal **7**.

Nota:

- En caso de emergencia y desea parar la prueba pulsar cualquier tecla del TTR 100.

13) Luego la opción * **MENU PRIN** para regresar al menú principal.

14) Una vez concluido la prueba con todos los taps, se deberán registrar los datos medidos por el TTR 100 en los cuadros de color amarillo de la tabla 4 y 5 según corresponda.

TABLA 4. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS TRIFÁSICO NTE INEN 2118.

MEDICION DE RESISTENCIA DEL DEVANADO NTE INEN 2118 (Tap Nominal)								
M.V.: H1-H2		Ω	H2 - H3		Ω	H3 - H1		Ω
B.V.: X1-X2		Ω	X2 - X3		Ω	X3 - X1		Ω

TABLA 5. MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICO NTE INEN 2117.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN NTE INEN 2117							
POSICIÓN TAP	VOLTAJE	FASE A	FASE B	FASE C	% ERROR A	% ERROR B	% ERROR C
1							
2							
3							
4							
5							

15) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores trifásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las formulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N° 3

Tema: Medición de la resistencia del aislamiento en transformadores monofásicos de distribución.

Objetivo: Comprobar los valores del aislamiento de un transformador monofásico de distribución.

Equipos y materiales:

- ✓ Megger MIT 520/2.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Megger MIT 520/2.-** Este instrumento se utiliza en la prueba de resistencia de aislamiento. Aplica una tensión de 1000 V. a los devanados y hace una relación interna con la corriente arrojando así un valor de resistencia.

El instrumento puede realizar pruebas cuando está conectado a través de los cables principales o la batería interna recargable, lo cual resulta muy beneficioso cuando se desconocen las condiciones del lugar o se precisa

una prueba de larga duración. Está equipado con una terminal de seguridad para una mayor exactitud.

- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

La prueba de factor de potencia es un método efectivo para detectar condiciones de aislamiento tales corrosión, carbonización, contaminación en bushings, aislamiento del líquido refrigerante y devanados. Adicionalmente la medición de corriente de excitación del transformador ayuda a detectar problemas en los devanados y núcleo.

Trabajo preparatorio:

- 1) ¿Qué es una prueba de resistencia del aislamiento?
- 2) Consultar cuáles son las causas de falla del aislamiento.
- 3) Investigar los tipos de materiales que se utilizan para aislamiento de los transformadores de distribución.

Diagramas de circuitos.

FIGURA 6. DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE MONOFÁSICO.

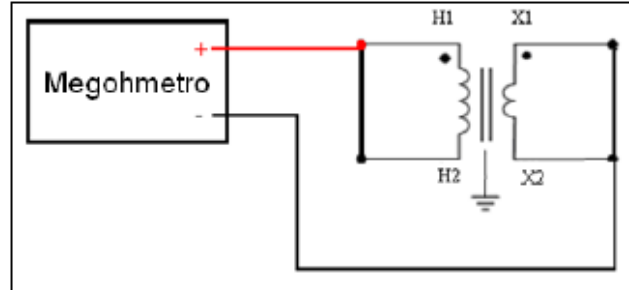


FIGURA 7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA MONOFÁSICO.

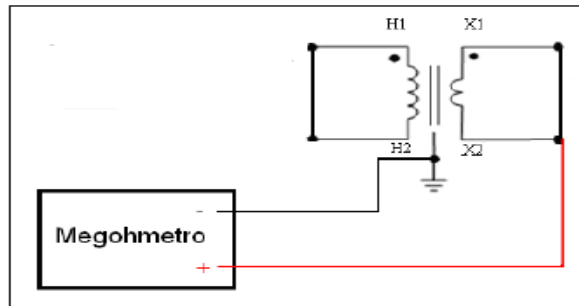


FIGURA 8. DIAGRAMA DE CONEXION, MEDIO VOLTAJE - TIERRA MONOFÁSICO.

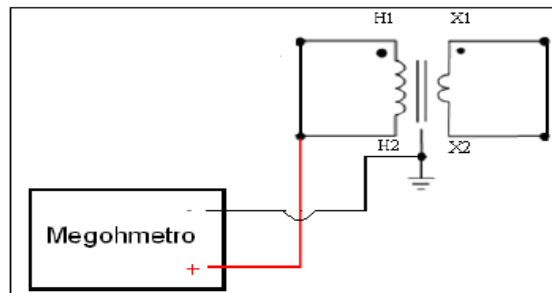
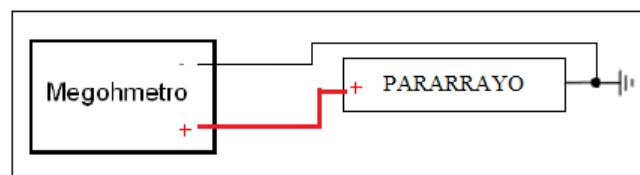


FIGURA 9. DIAGRAMA DE CONEXIÓN, DEL DESCARGADOR VALVULAR.



Formulario para los cálculos.

1) **Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD):** Se utiliza para aislamientos de poca absorción. Se hacen mediciones de 30 y 60 segundos.

$$RAD = R_{60sec} / R_{30sec}$$

2) **Índice de Polarización (IP):** Se recomienda efectuar esta prueba si la resistencia de aislamiento tomada a 1 minuto, es menor a 5000MΩ sino se recomienda efectuar la prueba de la relación de absorción dieléctrica. Se hacen mediciones de 1 a 10 minutos.

$$IP = R_{10min} / R_{1min}$$

Nota: Para la interpretación de resultados de estas prácticas dirigirse a la tabla 6.

TABLA 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.

CONDICION DEL AISLAMIENTO	IND. ABSORCIÓN (60seg/30seg)	ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (10min/1min)
POBRE	MENOS DE 1	MENOS DE 1
CUESTIONABLE	1.0 – 1.25	1.0 – 2
BUENO	1.4 – 1.6	2 - 4
EXELENTE	MAS DE 1.6	MAS DE 4

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio y bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones

inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.

Procedimiento:

1) MEDIO VOLTAJE – BAJO VOLTAJE

1.1) Conectar los accesorios del MEGGER MIT 520/2, cable negro al negativo, el cable azul al G, el cable rojo al positivo y el negro de alimentación al tomacorriente a 120V.

1.2) Pulsar momentáneamente el botón para encender el MEGGER MIT 520/2 y esperar unos 10 segundos para que se calibre.

1.3) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.

1.4) Verificar que la conexión a tierra este desconectado con el neutro del transformador y desconectar el descargador valvular (pararrayo) del borne de medio voltaje.

1.5) Revisar la (Figura 6). Para la conexión del transformador con el MEGGER MIT 520/2.

1.6) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.

1.7) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.

1.8) Presionar 5 segundos el botón **TEST** para el inicio de la prueba de resistencia del aislamiento.

1.9) Registrar los datos medidos en la tabla 7 según corresponda.

2) BAJO VOLTAJE – TIERRA

2.1) Cambie las conexiones del MEGGER MIT 520/2 al transformador como se muestra en el diagrama (Figura 7).

2.2) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.

2.3) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.

2.4) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.

2.5) Registrar los datos medidos en la tabla 7 según corresponda.

3) DESCARGADOR VALVULAR (PARARRAYO).

3.1) Conectar la salida del MEGGER MIT 520/2 como muestra la figura 9.

3.2) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.

3.3) Registrar los datos medidos en la tabla 7 según corresponda.

TABLA 7. MEDICIÓN DE LAS RESISTENCIAS DEL AISLAMIENTO MONOFÁSICO.

MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)						
Mediciones						
	M.V. - B.V.		B.V. - T		PARARRAYO	
T 30 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
T 60 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
Respuesta						

3.4) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

Informe.

1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).

2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las formulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.

3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con la tabla 6.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N° 4

Tema: Medición de la resistencia del aislamiento en transformadores trifásicos de distribución.

Objetivo: Comprobar los valores de resistencia del aislamiento de un transformador trifásico de distribución.

Equipos y materiales:

- ✓ MIT 520/2.
- ✓ Transformador trifásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Megger MIT 520/2.-** Este instrumento se utiliza en la prueba de resistencia de aislamiento. Aplica una tensión de 1000 V. a los devanados y hace una relación interna con la corriente arrojando así un valor de resistencia.

El instrumento puede realizar pruebas cuando está conectado a través de los cables principales o la batería interna recargable, lo cual resulta muy beneficioso cuando se desconocen las condiciones del lugar o se precisa

una prueba de larga duración. Está equipado con una terminal de seguridad para una mayor exactitud.

- **Transformador Trifásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han enrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor, en este caso tiene tres bobinados.

Introducción.

La prueba de factor de potencia es un método efectivo para detectar condiciones de aislamiento tales como corrosión, carbonización, contaminación en bushings, aislamiento del líquido refrigerante y devanados. Adicionalmente la medición de corriente de excitación del transformador ayuda a detectar problemas en los devanados y núcleo.

Trabajo preparatorio:

- 1) Describa porque es necesario realizar esta prueba a los transformadores de distribución.
- 2) ¿En que afecta las fallas de resistencia de aislamiento?
- 3) Investigar qué tipos de prueba se realizan con el Megger MIT520/2.

Diagramas de circuitos:

FIGURA 10. DIAGRAMA DE CONEXIÓN, MEDIO – BAJO VOLTAJE TRIFÁSICO.

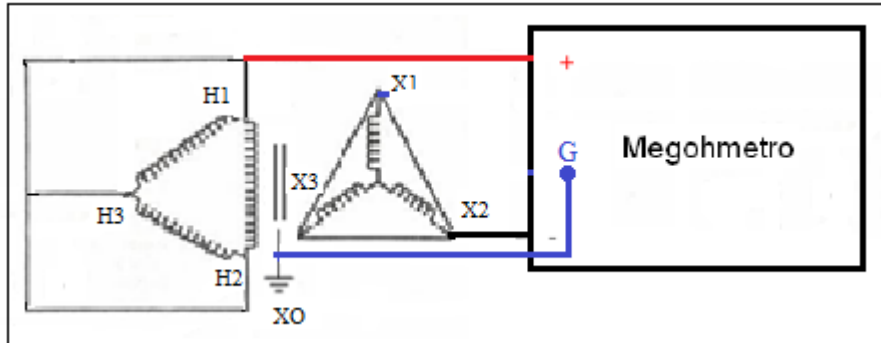


FIGURA 11. DIAGRAMA DE CONEXIÓN. MEDIO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.

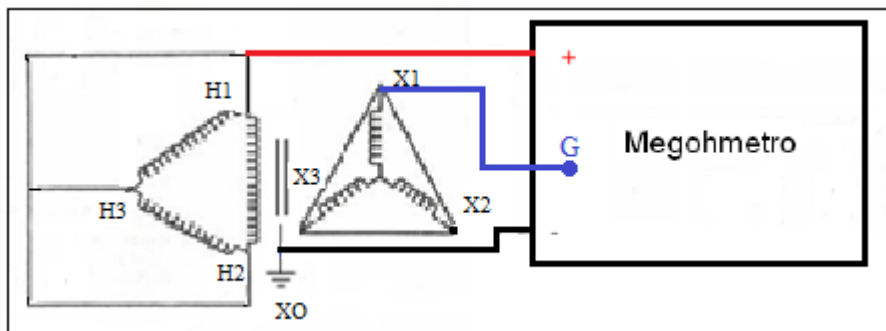
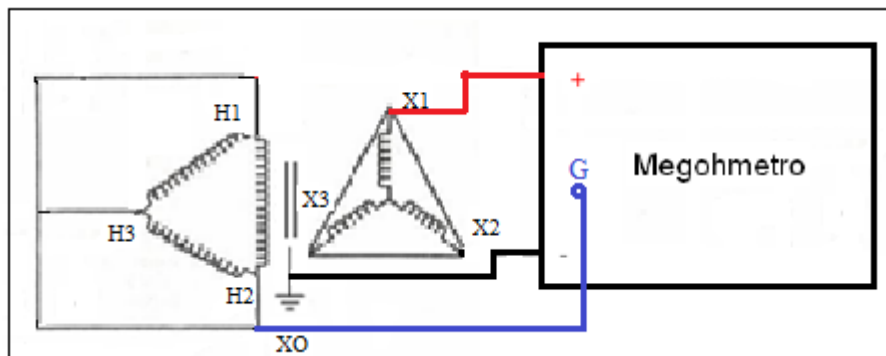


FIGURA 12. DIAGRAMA DE CONEXIÓN, BAJO VOLTAJE – TIERRA TRIFÁSICO.



Formulario para los cálculos:

1) Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD): Se utiliza para aislamientos de poca absorción. Se hacen mediciones de 30 y 60 segundos.

$$RAD = R_{60sec} / R_{30sec}$$

2) Índice de Polarización (IP): Se recomienda efectuar esta prueba si la resistencia de aislamiento tomada a 1 minuto, es menor a 5000MΩ sino se recomienda efectuar la prueba de la relación de absorción dieléctrica. Se hacen mediciones de 1 a 10 minutos.

$$IP = R_{10min} / R_{1min}$$

Nota: Para la interpretación de resultados se debe ir a la tabla 3.6.

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio y bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.

Procedimiento:

1) MEDIO VOLTAJE – BAJO VOLTAJE

1.1) Conectar los accesorios del MEGGER MIT 520/2, cable negro al negativo, el cable azul al G, el cable rojo al positivo y el negro de alimentación al tomacorriente a 120V.

- 1.2) Pulsar momentáneamente el botón para encender el MEGGER MIT 520/2 y esperar unos 10 segundos para que se calibre.
- 1.3) Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (x) del transformador.
- 1.4) Verificar que la conexión a tierra este desconectado con el neutro del transformador y desconectar el descargador valvular (pararrayo) del borne de medio voltaje.
- 1.5) Revisar el diagrama de la (figura 10) para la conexión del transformador con el MEGGER MIT 520/2.
- 1.6) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.
- 1.7) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.
- 1.8) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
- 1.9) Registrar los datos medidos en la tabla 8 según corresponda..

2) MEDIO VOLTAJE – TIERRA

- 2.1) Cambie las conexiones del MEGGER MIT 520/2 al transformador como se muestra en el diagrama (Figura 11).
- 2.2) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
- 2.3) Registrar los datos medidos en la tabla 8 según corresponda.

3) BAJO VOLTAJE – TIERRA

- 3.1) Cambie las conexiones del MEGGER MIT 520/2 al transformador como se muestra en el diagrama (Figura 12).
- 3.2) Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.
- 3.3) Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.

3.4) Presionar 5 segundos el botón **TEST** y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.

4.5) Registrar los datos medidos en la tabla 8 según corresponda.

TABLA 8. MEDICIÓN DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO TRIFÁSICO.

MEDICION DE RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO (MEGGER)						
Mediciones						
	M.V. - B.V.		B.V. - T		PARARRAYO	
T 30 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
T 60 segundos		GΩ		GΩ		GΩ
Respuesta						

Nota:

- Si existen pararrayos en los transformadores trifásicos realizar la prueba a cada uno de ellos como en la práctica de pararrayos monofásicos.

3.6) Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

Informe.

1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores trifásicos (hojas de cálculo de excel).

2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las formulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.

3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con la tabla 6.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N°5

Tema: Práctica de cortocircuito utilizando el módulo de pruebas para un transformador monofásico de distribución.

Objetivo: Conocer los valores de pérdidas en el cobre en un transformador monofásico al aplicar un cortocircuito utilizando el módulo de pruebas.

Equipos y materiales:

- ✓ Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Módulo de Pruebas.-** En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.

- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

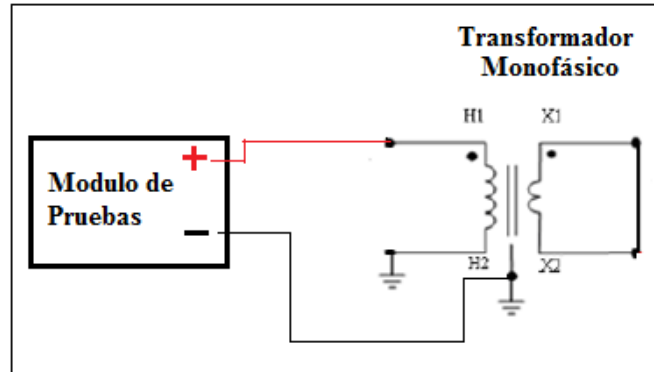
Uno de los devanados del transformador (del lado de alto voltaje o del lado de bajo voltaje) debe ponerse en cortocircuito y se aplica al otro devanado un voltaje a frecuencia nominal, el cual se ajusta para que circule la corriente nominal por los devanados. En caso de que no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% de I_n , corrigiendo el valor obtenido.

Trabajo preparatorio.

- 1) Investigar cómo se realizan las pruebas de cortocircuito para un transformador monofásico de distribución desde el primario y desde el secundario.
- 2) Investigar para que sirven las pruebas de cortocircuito en los transformadores monofásicos de distribución.
- 3) Investigar sobre los equipos que se utilizan en un ensayo de cortocircuito.

Diagrama de conexión.

FIGURA 13. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL MODULO DE PRUEBAS.



Formulario para los cálculos:

1) Corriente nominal en el primario.

$$I_p = \frac{VA}{V_p}$$

I_p = Corriente nominal en el primario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = Voltaje del primario (V).

2) Corriente nominal en el secundario.

$$I_s = \frac{VA}{V_s}$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_s = voltaje del secundario (V).

3) Pérdidas en el cobre.

$$\mathbf{P_{cmT}} = I_p^2 * R_H$$

P_{cmT} = Pérdidas en el cobre en media voltaje (W).

R_H = Resistencia del primario (Ω).

4) Pérdidas en el secundario.

$$\mathbf{P_{cbT}} = I_s^2 * R_x$$

P_{cbT} = Pérdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

R_x = Resistencia del secundario (Ω).

5) Pérdida total de cortocircuito.

$$\mathbf{P_{tc}} = P_{cmT} + P_{cbT}$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

6) Pérdidas en el cobre a corriente nominal.

$$\mathbf{P_{cu.In}} = \left(\frac{I_p}{I_{pe}} \right)^2 * P_m$$

P_{cu.In} = Pérdidas en el cobre a corriente nominal (W).

I_{pe} = corriente primaria estimada (A).

P_m = Pérdidas medidas (W).

7) Pérdidas adicionales.

$$P_s = P_{cu} \cdot I_n - P_{tc}$$

P_s = Pérdidas adicionales (W).

8) TDK Factor de corrección de temperatura.

$$TDK = \left(\frac{234,5 + T_2}{234,5 + T_1} \right)$$

$234,5$ = constante del cobre.

225 = constante del aluminio.

T_2 = Temperatura referida (°C).

T_1 = Temperatura ambiente (°C).

9) Pérdidas de cortocircuito referidas a 85° C.

$$P_{cc}(85^\circ) = TDK * P_{tc} + \left(\frac{234,5 + T_1}{234,5 + T_2} \right) * P_s$$

10) En caso de que el módulo de pruebas no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% según la NTE INEN 2129, corrigiendo el valor obtenido al real así:

10.1) Valores de la corriente al 25%, 50% y 75%.

$$\text{Corriente al 75\% (A)} = \frac{75\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

$$\text{Corriente al 50\% (A)} = \frac{50\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

$$\text{Corriente al 25\% (A)} = \frac{25\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

10.2) Corrigiendo el valor al real:

$$P(w) = \frac{\text{Corriente nominal (A)}}{\text{Corriente \%}} * P_{\text{medida}}$$

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

1.1) Reconocimiento del transformador:

- Placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa:

- Voltaje nominal (V).
- Potencia nominal (kVA).
- Corriente nominal (A)

1.3) Preparativos del transformador para la práctica:

- Ubicar al transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.
- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador, además comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.4) Conectar el módulo de pruebas con el transformador como muestra la (figura 13).

1.5) Energización del módulo de pruebas:

- Conectar el equipo en una fuente de voltaje de 120V.
- Control GENERAL, llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- Trasladar el Control de EMERGENCIA a la posición derecha para desbloquear las salidas de voltaje al transformador.
- Presionar el botón de SALIDA, para que el equipo permita la transmisión de voltaje y corriente a las pinzas que se encuentran conectadas al transformador.

1.6) Ingreso de la corriente al módulo de pruebas:

- Una vez energizado el equipo proceder a ingresar la corriente nominal del transformador, manipulando el variac que permite incrementar o disminuir la corriente del transformador.
- Tomar sus respectivos datos de cortocircuito obtenidos al ingresar la corriente nominal al transformador, como son voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 9.

TABLA 9. REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.7) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.8) Apagar el módulo de pruebas o proceder con la siguiente práctica.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N°6

Tema: Práctica de circuito abierto con el módulo de pruebas para un transformador monofásico de distribución.

Objetivo: Conocer los valores de pérdidas en el hierro en un transformador monofásico al aplicar un voltaje nominal en el secundario.

Equipos y materiales:

- ✓ Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **Módulo de Pruebas.-** En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.

- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

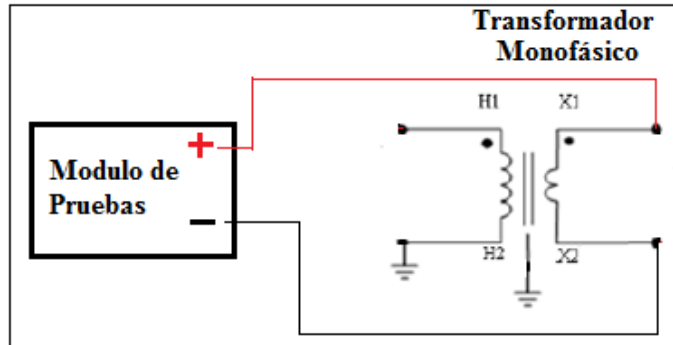
También conocida como la prueba de vacío en el transformador, tiene como objetivo determinar las pérdidas magnéticas (pérdidas en el hierro). Esta prueba se desarrolla con uno de los devanados en circuito abierto, en tanto que el otro se alimenta a voltaje nominal. Cuando el transformador está en vacío la corriente que circula por el devanado que se alimenta resulta ser muy pequeña debido a esto en estas condiciones las pérdidas en los devanados se consideran despreciables.

Trabajo preparatorio:

- 1) Consulte cuales son los factores que influyen en las pérdidas en el hierro (núcleo) de un transformador monofásico.
- 2) Investigar cómo se realizan las pruebas de circuito abierto para un transformador monofásico de distribución desde el primario y desde el secundario.
- 3) Investigar sobre las normas de seguridad del personal que interviene para la ejecución de ensayos de circuito abierto.

Diagrama de conexión:

FIGURA 14. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL MODULO DE PRUEBAS.



Proceso de cálculos.

1) Resistencia en vacío.

$$R_o = \frac{V_o}{I_o}$$

R_o = Resistencia en vacío (Ω).

V_o = Voltaje en vacío (V).

I_o = Corriente en vacío (A).

2) Pérdidas en vacío.

$$P_o = I_o^2 * R_o$$

P_o = Pérdidas en vacío (W).

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.

- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

1) PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

1.1) Reconocimiento del transformador:

- Placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.
- Voltaje nominal en baja.

1.2) Preparativos del transformador para la práctica:

- Ubicar al transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.
- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador.
- Comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.3) Conectar el módulo de pruebas con el transformador como muestra la figura 14.

h.1.4) Instrucciones para energizar en equipo:

- Se energiza el equipo en una fuente de voltaje de 120V.
- Control GENERAL, llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- Cambiar el control de EMERGENCIA a la posición derecha para desbloquear las salidas del voltaje al transformador.

- Presionar el botón de SALIDA, para que el equipo permita la salida de voltaje y corriente a las pinzas que se encuentran conectadas al transformador.

1.5) Una vez energizado el equipo proceder a ingresar el voltaje nominal en baja tensión, obtenida en la placa característica, manipulando el variac del módulo de pruebas.

NOTA: Tener máxima precaución al realizar esta prueba ya que una vez ingresado el voltaje nominal en el secundario, se obtiene un nivel de voltaje muy elevado en el primario del transformador y es extremadamente peligroso.

- Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de circuito abierto al ingresar la corriente nominal, como son: voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp), en la tabla 10 según corresponda.

TABLA 10. REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.6) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas en la práctica.

1.7) Apagar el módulo de pruebas.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.**Recomendaciones de la práctica.**

Practica N°7

Tema: Práctica de cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador monofásico.

Objetivo: Conocer los valores de pérdidas en el cobre en un transformador monofásico de distribución al aplicar un cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas.

Equipos y materiales:

- ✓ PMM-1.
- ✓ Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **PMM-1.-** El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas

de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer.

- **Módulo de Pruebas.-** En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.
- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

Uno de los devanados del transformador (del lado de alto voltaje o del lado de bajo voltaje) debe ponerse en cortocircuito y se aplica al otro devanado un voltaje a frecuencia nominal, el cual se ajusta para que circule la corriente nominal por los devanados. En caso de que no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% de I_n , corrigiendo el valor obtenido.

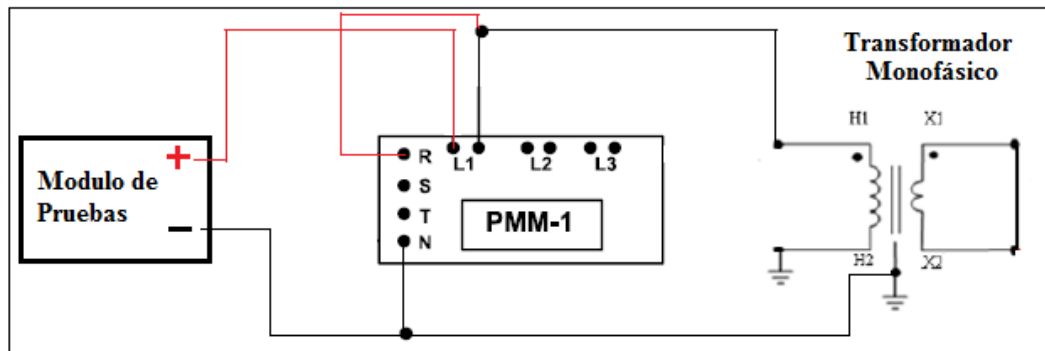
Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar cómo se realizan las pruebas de cortocircuito para un transformador monofásico de distribución desde el primario y desde el secundario.
- 2) Investigar para que sirven las pruebas de cortocircuito en los transformadores monofásicos de distribución.

3) Consultar sobre los equipos que se utilizan en un ensayo de cortocircuito.

Diagrama de conexión:

FIGURA 15. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.



Formulario para los cálculos:

1) Corriente nominal en el primario.

$$I_p = \frac{VA}{V_p}$$

I_p = Corriente nominal en el primario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = voltaje del primario (V).

2) Corriente nominal en el secundario.

$$I_s = \frac{VA}{V_s}$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_s = Voltaje del secundario (V).

3) Pérdidas en el cobre.

$$P_{cmT} = I_p^2 * R_H$$

P_{cmT} = Pérdidas en el cobre en medio voltaje (W).

R_H = Resistencia del primario (Ω).

4) Pérdidas en el secundario.

$$P_{cbT} = I_s^2 * R_x$$

P_{cbT} = Perdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

R_x = Resistencia del secundario (Ω).

5) Pérdida total de cortocircuito.

$$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbT}$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

6) Pérdidas en el cobre a corriente nominal.

$$P_{cu. In} = \left(\frac{I_p}{I_{pe}} \right)^2 * P_m$$

I_{pe} = Corriente primaria estimada (A).

P_m = Pérdidas medidas (W).

7) Pérdidas adicionales.

$$P_s = P_{cu} \cdot I_n - P_{tc}$$

8) TDK Factor de corrección de temperatura.

$$TDK = \left(\frac{234,5 + T_2}{234,5 + T_1} \right)$$

9) Pérdidas de cortocircuito referidas a 85° C.

$$P_{cc}(85^\circ) = TDK * P_{tc} + \left(\frac{234,5 + T_1}{234,5 + T_2} \right) * P_s$$

234,5 = constante del cobre.

234,5 = constante del aluminio.

T2 = Temperatura referida (°C).

T1 = Temperatura ambiente (°C).

10) En caso de que el módulo de pruebas no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% según la NTE INEN 2129, corrigiendo el valor obtenido al real así:

10.1) Valores de la corriente al 25%, 50% y 75%.

$$\text{Corriente al 75\% (A)} = \frac{75\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

$$\text{Corriente al 50\% (A)} = \frac{50\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

$$\text{Corriente al 25\% (A)} = \frac{25\% \times \text{Corriente nominal (A)}}{100\%}$$

10.2) Corrigiendo el valor al real:

$$P (w) = \frac{\text{Corriente nominal (A)}}{\text{Corriente \%}} * P_{medida}$$

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

1) PRUEBA DE CORTO CIRCUITO

1.1) Reconocimientos del transformador:

- Placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa y determinar la corriente nominal del transformador:

- Voltaje nominal (V).
- Potencia nominal (kVA).
- Corriente nominal (A).

1.3) Preparar el transformador para la práctica, utilizando la fase A del PMM-1:

- Utilizar el equipo PMM-1 y el transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.
- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador.
- Comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.4) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador como muestra la figura 15.

1.5) Procedimientos para energizar el equipo PMM-1 y módulo de pruebas:

- Llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador SINGLE PHASE.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Maniobrar el variac del módulo de pruebas para ingresar la corriente nominal para la práctica.

1.6) Anotar los resultados del PMM-1 en la tabla 11 según corresponda.

TABLA 11. REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.7) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.8) Apagar e PMM-1 y el módulo de pruebas o proceder con la siguiente práctica.

Informe.

1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).

2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.

3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N°8

Tema: Práctica de circuito abierto utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador monofásico.

Objetivo: Conocer los valores de pérdidas en el hierro en un transformador monofásico al aplicar un voltaje en baja tensión.

Equipos y materiales:

- ✓ PMM-1.
- ✓ Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador monofásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **PMM-1.-** El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas

de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer.

- **Módulo de Pruebas.-** En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.
- **Transformador Monofásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominarán: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

Introducción.

También conocida como la prueba de vacío en el transformador, tiene como objetivo determinar las pérdidas magnéticas (pérdidas en el hierro). Esta prueba se desarrolla con uno de los devanados en circuito abierto, en tanto que el otro se alimenta a voltaje nominal. Cuando el transformador está en vacío la corriente que circula por el devanado que se alimenta resulta ser muy pequeña debido a esto en estas condiciones las pérdidas en los devanados se consideran despreciables.

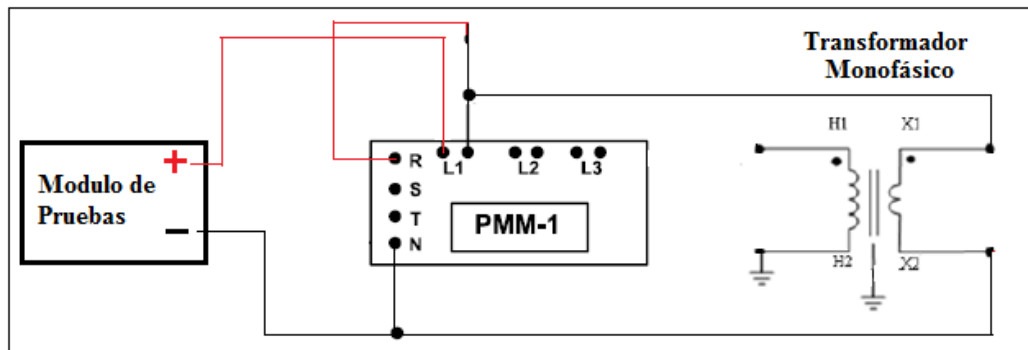
Trabajo preparatorio:

- 1) Consulte cuales son los factores que influyen en las perdidas en el hierro (núcleo) de un transformador monofásico.
- 2) Investigar cómo se realizan las pruebas de circuito abierto para un transformador monofásico de distribución desde el primario y desde el secundario.

3) Investigar sobre las normas de seguridad del personal que interviene para la ejecución de ensayos de circuito abierto.

Diagrama de conexión:

FIGURA 16. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CON EL PMM-1 Y EL MODULO DE PRUEBAS.



Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

1) PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

1.1) Reconocimiento del transformador:

- Placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa y determinar el voltaje nominal en el secundario del transformador:

1.3) Preparar el transformador para la práctica, utilizando la fase A del PMM-1:

- Utilizar el equipo PMM-1 y el transformador en un lugar fuera de cualquier peligro expuesto.
- Verificar que el descargador valvular se encuentre conectado al borne de medio voltaje del transformador.
- Comprobar que el neutro esté conectado a tierra.

1.4) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador como muestra la figura 16.

1.5) Procedimientos para energizar el equipo PMM-1 y el módulo de pruebas:

- Llevar el interruptor a la posición derecha para encender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador SINGLE PHASE.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Proceder a maniobrar el variac para ingresar el voltaje nominal para la práctica.

NOTA: Tener máxima precaución al realizar esta prueba ya que una vez ingresado el voltaje nominal en el secundario del transformador, se obtiene un voltaje muy elevado en primario y es extremadamente peligroso.

1.6) Anotar los de resultados del PMM-1 en la tabla 12 según corresponda.

TABLA 12. REGISTRO DE VALORES PARA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTEINEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.7) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.8) Apagar e PMM-1 y el módulo de pruebas o proceder con la siguiente práctica.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores monofásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.

Recomendaciones de la práctica.

Practica N°9

Tema: Práctica de cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador trifásico de distribución.

Objetivo: Conocer los valores de pérdidas en el cobre de un transformador trifásico al aplicar un cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas.

Equipos y materiales:

- ✓ PMM-1, Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador trifásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **PMM-1.-** El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer.

- **Módulo de Pruebas.-** En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.
- **Transformador Trifásico.-** Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han enrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor, en este caso tiene tres bobinados.

Introducción.

Uno de los devanados del transformador (del lado de alto voltaje o del lado de bajo voltaje) debe ponerse en cortocircuito y se aplica al otro devanado un voltaje a frecuencia nominal, el cual se ajusta para que circule la corriente nominal por los devanados. En caso de que no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25% de I_n , corrigiendo el valor obtenido.

Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar cómo se realizan las pruebas de cortocircuito para un transformador trifásico de distribución desde el primario y desde el secundario.
- 2) Investigar para que sirven las pruebas de cortocircuito en los transformadores trifásicos de distribución.
- 3) Consultar los equipos que se utilizan en un ensayo de cortocircuito de transformadores trifásicos.

Diagramas de conexión:

FIGURA 17. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE A.

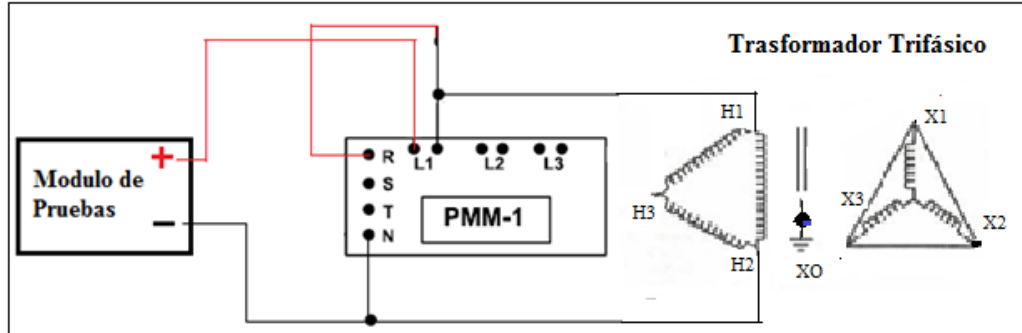


FIGURA 18. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE B.

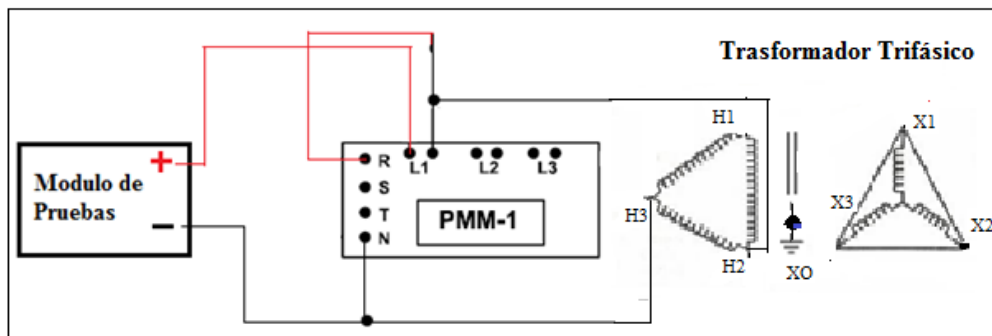
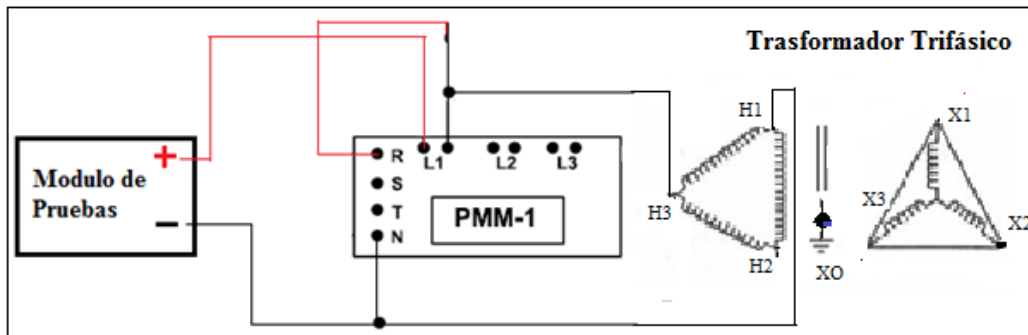


FIGURA 19. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE C.



Formulario para los cálculos:

1) Corriente nominal en el primario.

$$I_p = \frac{VA}{V_p * \sqrt{3}}$$

I_p = Corriente nominal en el primario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = Voltaje del primario (V).

2) Corriente nominal en el secundario.

$$I_s = \frac{VA}{V_s * \sqrt{3}}$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_s = voltaje del secundario (V).

3) Pérdidas en el cobre.

$$P_{cmT} = I_p^2 * R_H$$

P_{cmT} = Pérdidas en el cobre en medio voltaje (W).

R_H = Resistencia del primario (Ω).

4) Pérdidas en el secundario.

$$P_{cbT} = I_s^2 * R_x$$

P_{cbT} = Perdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

R_x = Resistencia del secundario (Ω).

5) Pérdida total de cortocircuito.

$$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbt}$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

6) Pérdidas en el cobre a corriente nominal.

$$P_{cu.In} = \left(\frac{I_p}{I_{pe}} \right)^2 * P_m$$

P_{cu.In} = Perdidas en el cobre a corriente nominal (W).

I_{pe} = corriente primaria estimada (A).

P_m = Pérdidas medidas (W).

7) Pérdidas adicionales.

$$P_s = \frac{P_{cu.In} - P_{tc}}{TDK}$$

P_s = Pérdidas adicionales (W).

8) TDK Factor de corrección.

$$TDK = \left(\frac{234,5 + T_2}{234,5 + T_1} \right)$$

234,5 = constante del cobre.

234,5 = constante del aluminio.

T₂ = Temperatura referida (°C).

T₁ = Temperatura ambiente (°C).

9) Pérdidas de cortocircuito referidas a 85° C.

$$P_{cc} (85^\circ) = TDK * P_{tc} + P_s$$

Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

**1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO EN TRANSFORMADOR
TRIFÁSICO**

1.1) Prueba de cortocircuito en transformador trifásico.

- Reconocer la placa característica del transformador.
- Verificar los bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.2) Identificar los siguientes datos de placa y determinar la corriente nominal del transformador:

- Voltaje nominal (V)
- Potencia nominal (kVA)
- Corriente nominal (A)

1.3) Preparativos para la práctica:

- Ubicar al transformador y el PMM-1 en un lugar fuera de peligro.

1.4) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador trifásico como muestra las figuras 17, 18 y 19 para las fases A, B y C respectivamente, tomando en cuenta que para cada fase se realizan en diferente tiempo.

1.5) Una vez conectado todos los dispositivos necesarios para la práctica, procedemos a encender el PMM-1 y el módulo de pruebas.

- Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Girar el variac del módulo de pruebas hasta llegar a la posición de la corriente nominal.

1.6) Proceder con la práctica de la fase B y C, desde el literal 1.4.

1.7) Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de cortocircuito de las fases (A, B, C), como son voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 13 según corresponda.

TABLA 13. MEDICIÓN DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2115.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.8) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.9) Apagar los equipos.

Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores trifásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.

Conclusiones de la práctica.**Recomendaciones de la práctica.**

Practica N°10

Tema: Práctica de circuito abierto con el equipo PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador trifásico.

Objetivo: Comprobar los valores de pérdidas en el hierro de un transformador trifásico al aplicar un voltaje en baja tensión.

Equipos y materiales:

- ✓ PMM-1, Módulo de pruebas.
- ✓ Transformador Trifásico.
- ✓ Cables de conexión.

Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos.
- ✓ Comprobación de tomas de energía en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado.
- ✓ Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de ropa, guantes y zapatos adecuados para la conexión del transformador y equipos.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

Información de los equipos:

- **PMM-1.-** El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer.

- **Módulo de Pruebas.**-En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitándose el consumo excesivo de energía.
- **Transformador Trifásico.**- Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han enrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor, en este caso tiene tres bobinados.

Introducción.

También conocida como la prueba de vacío en el transformador, tiene como objetivo determinar las pérdidas magnéticas (pérdidas en el hierro). Esta prueba se desarrolla con uno de los devanados en circuito abierto, en tanto que el otro se alimenta a voltaje nominal. Cuando el transformador está en vacío la corriente que circula por el devanado que se alimenta resulta ser muy pequeña debido a esto en estas condiciones las pérdidas en los devanados se consideran despreciables.

Trabajo preparatorio:

- 1) Consulte cuales son los factores que influyen en las pérdidas en el hierro (núcleo) de un transformador trifásico.
- 2) Investigar cómo se realizan las pruebas de circuito abierto para un transformador trifásico de distribución desde el primario y desde el secundario.
- 3) Investigar sobre las normas de seguridad del personal que interviene para la ejecución de ensayos de circuito abierto.

Diagramas de conexión:

FIGURA 20. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE A.

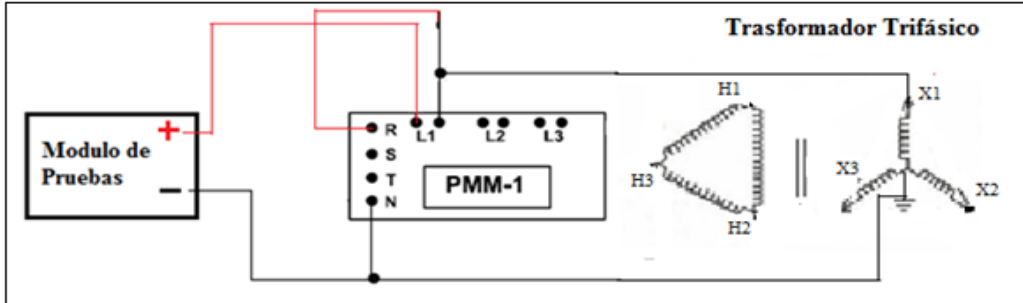


FIGURA 21. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE B.

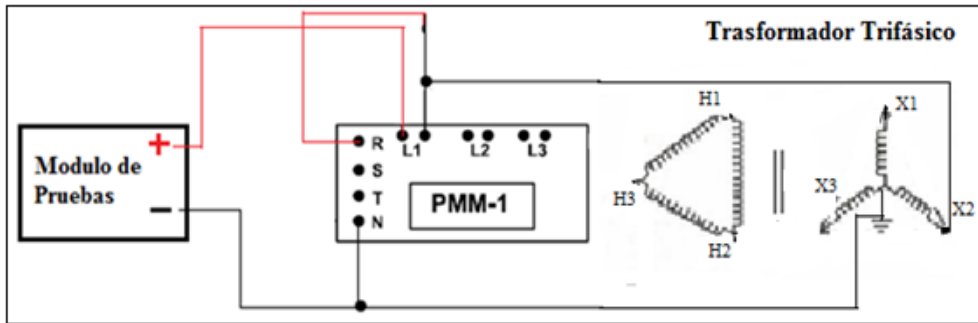
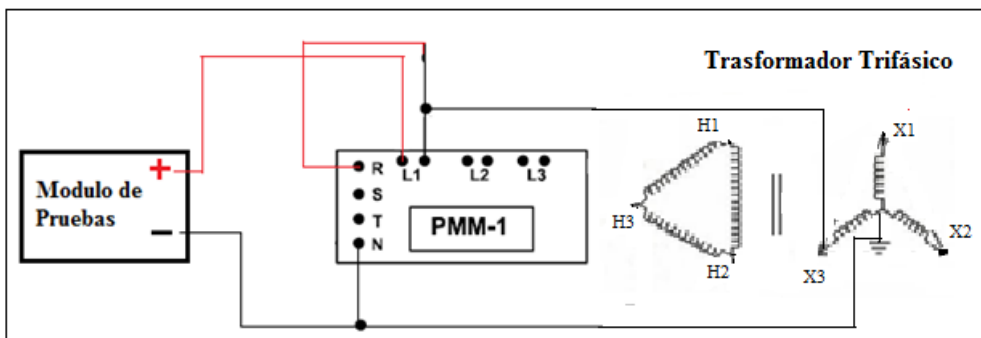


FIGURA 22. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO FASE C.



Especificaciones y advertencias:

- ✓ Se debe realizar este tipo de pruebas a los transformadores de forma individual.
- ✓ Asegúrese que el transformador esté totalmente desenergizado.
- ✓ Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de medio voltaje y los de bajo voltaje del transformador. La omisión de observar las conexiones inadecuadas puede traducirse en un peligro para la seguridad y ocasionar daños para el equipo o el transformador.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, pulsar el botón de emergencia.

Procedimiento:

1) PRUEBA DE CORTOCIRCUITO EN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

1.2) Reconocimiento del transformador trifásico.

- Revisar la placa característica del transformador.
- Bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

1.3) Identificar los datos de placa y determinar el voltaje nominal del transformador:

1.4) Preparativos para la práctica:

- Ubicar al transformador y el PMM-1 en un lugar fuera de peligro.

1.5) Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador trifásico como muestra las figuras 20, 21 y 22 para las fases A, B y C respectivamente, tomando en cuenta que para cada fase se realizan en diferente tiempo.

1.6) Una vez conectado todos los dispositivos necesarios para la práctica, proceder a encender el PMM-1 y el módulo de pruebas.

- Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.
- En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador.
- Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
- Girar el variac del módulo de pruebas hasta llegar al voltaje nominal.

1.7) Proceder con la práctica de la fase B y C, desde el literal **1.5**.

NOTA: Tener máxima precaución al realizar esta prueba ya que una vez ingresado el voltaje nominal en el secundario, se obtiene el voltaje nominal en el primario del transformador y es extremadamente peligroso.

1.8) Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de circuito abierto de las fases (A, B, C), como son voltios (V), amperio (A), watos (W) y factor de potencia (Fp) en la tabla 14 según corresponda.

TABLA 14. MEDICIÓN DE CIRCUITO ABIERTO TRIFÁSICO INEN 2115.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO NTE INEN 2114					
CIRCUITO ABIERTO			CORTOCIRCUITO		
			T. AMBIENTE		°C
VOLTAJE (ff)		V	VOLTAJE		V
CORRIENTE		A	CORRIENTE		A
POTENCIA		W	POTENCIA total		W
% fp		%	Fp		%

1.9) Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.

1.10) Apagar el PMM-1 y el módulo de pruebas.

Informe:

- 1) Presentación de los datos y valores obtenidos con los equipos de medición e ingresar en el protocolo de pruebas de rutina de transformadores trifásicos (hojas de cálculo de excel).
- 2) Realizar los cálculos respectivos con la ayuda de las fórmulas planteadas en la práctica para la comprobación de valores medidos en los equipos.
- 3) Determinar porcentualmente el estado del transformador en cuanto a los valores obtenidos para su respectivo análisis con las normas.
- 4) Descripción de daños o valores por debajo del estándar obtenidos en el transformador, para identificar posibles fallos.

Conclusión de la práctica.**Recomendaciones de la práctica.**

