



# **UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

Unidad Académica de Ciencias  
de la Ingeniería y Aplicadas

## **TESIS DE GRADO**

Previa la Obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistemas Eléctricos de Potencia

### **TEMA:**

“ELABORACION E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS DE  
PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES  
MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25KVA”.

### **POSTULANTES:**

Flavio Santiago Chico Lascano.

Juan Carlos Gómez Cevallos.

### **DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Eléc. Marcelo Barrera

**2012**

# AUTORIA

Declaramos que los resultados obtenidos en el presente trabajo, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico son originales, auténticos y personales.

En tal virtud declaramos que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto son de exclusiva responsabilidad legal y académica de los autores.

-----  
Flavio Santiago Chico Lascano  
C.I. 180353189-4

-----  
Juan Carlos Gómez Cevallos  
C.I. 180360983-1

# **CERTIFICADO**

En cumplimiento a lo estipulado en el artículo 9, literal (f), del Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Director de la Tesis “ELABORACION E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS DE PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25KVA ”, desarrollado por los señores Egresados Flavio Santiago Chico Lascano y Juan Carlos Gómez Cevallos, CERTIFICO que el presente trabajo de investigación fue realizado de acuerdo a los planteamientos formulados por la denuncia y Anteproyecto de Tesis aprobado por el Honorable Consejo Académico.

La claridad y veracidad del contenido que permitió alcanzar el objetivo planteado elaborando e implementando un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores de distribución de hasta 25kVA, aportando al laboratorio de alto voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi, merece especial atención y su consideración como trabajo de calidad.

En virtud de lo antes expuesto considero que los autores de la presente tesis se encuentran habilitados para presentarse al acto de defensa de tesis.

-----  
Ing. Eléc. Marcelo Barrera  
DIRECTOR DE TESIS

## **AGRADECIMIENTO**

Los autores de esta investigación dejan en constancia el más profundo reconocimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a su Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, por habernos permitido continuar con nuestros estudios. Al personal Docente y Administrativo quienes con sus conocimientos y apoyo nos impulsaron a cumplir con la meta propuesta.

Al Ing. Marcelo Barrera, Director de Tesis por compartir sus amplios conocimientos para culminar con éxito este proyecto.

# DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la oportunidad de existir, y culminar una meta más en mi vida profesional.

A mis padres, compañeros de todos los días, como homenaje de veneración permanente, por haberme dado la vida e inculcarme siempre la responsabilidad y superación día a día.

A mi esposa por su apoyo incondicional, amor y paciencia, quien comparte mi vida y mis triunfos.

A mis hermanas, sobrina y cuñado por estar siempre a mi lado y ser una razón más de vida.

Juan Carlos Gómez Cevallos

Al más especial de todos, a ti Dios porque hiciste realidad con tu bendición la culminación de esta tesis, gracias por todo el amor que me das.

A mi madre, gracias por todo tu apoyo, paciencia, comprensión sobre todo en los momentos difíciles que hemos vivido, eres la mejor mamá del mundo.

A mi padre, se que ahora estas en el cielo pero en mi quedaron plasmados tus enseñanzas, amor y desvelo.

Flavio Santiago Chico Lascano

# INDICE GENERAL

|                         |      |
|-------------------------|------|
| AUTORIA .....           | ii   |
| CERTIFICADO .....       | iii  |
| AGRADECIMIENTO .....    | iv   |
| DEDICATORIA .....       | v    |
| INDICE GENERAL.....     | vi   |
| INDICE DE CUADROS ..... | viii |
| INDICE DE FIGURAS ..... | ix   |
| INDICE DE ANEXOS .....  | xi   |
| RESUMEN .....           | xii  |
| SUMMARY .....           | xiii |
| CERTIFICADO .....       | xiv  |
| INTRODUCCION .....      | xv   |

## CONTENIDO

### CAPITULO I

#### FUNDAMENTACION TEORICA

|  |    |
|--|----|
| 1.1.ANTECEDENTES .....   | 2  |
| 1.2.PUEBAS ELECTRICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.....                          | 2  |
| 1.2.1. Prueba de cortocircuito.....  | 2  |
| 1.2.2. Prueba de circuito abierto.....   | 6  |
| 1.3. DEFINICION DE ELEMENTOS Y NORMA UTILIZADA PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODULO ..... | 8  |
| 1.4. RIEGOS ELECTRICOS.....  | 12 |
| 1.4.1 Clasificación de los riesgos eléctricos .....                                    | 12 |
| 1.5. NORMAS DE SEGURIDAD.....  | 17 |

### CAPITULO II

#### PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

|  |    |
|--|----|
| 2.1. CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UTC ..... | 25 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| 2.1.1. Descripción .....                           | 25 |
| 2.2. FORMULACION DE INSTRUMENTOS.....              | 25 |
| 2.3. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS ..... | 26 |
| 2.4. VERIFICACION DE LA HIPOTESIS .....            | 45 |

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA DE ELECTRO LABORATORIO.**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. CONSTRUCCION DEL MODULO DE PRUEBAS DE PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25 kVA..... | 52 |
| 3.1.1. Montaje del Módulo de Pruebas.....  | 52 |
| 3.1.2. Sistema de control del Variac.....  | 53 |
| 3.1.3. Montaje del Transformador de aislamiento.....   | 54 |
| 3.1.4. Montaje del Analizador de Calidad de Energía.....   | 55 |
| 3.1.5. Acoplamiento del Variac, Transformador y Protecciones.....  | 58 |
| 3.2. HOJAS GUIA DE INFORME. ....   | 68 |
| 3.3. MANUAL DE USUARIO. ....   | 68 |
| 3.4 PRACTICAS DE LABORATORIO.....  | 68 |
| 3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....  | 69 |
| 3.5.1. Conclusiones. ....  | 69 |
| 3.5.2. Recomendaciones.....  | 69 |
| 3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....  | 71 |
| 3.6.1. Bibliografía Citada. ....   | 71 |
| 3.6.2. Bibliografía Consultada.....  | 71 |
| 3.6.3. Enlaces Internet. ....  | 72 |

## **ANEXOS**

# INDICE DE CUADROS

| <b>CONTENIDOS</b>  | <b>PAG.</b> |
|--|-------------|
| 1.1. EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE SOBRE EL ORGANISMO.....             | 15          |
| 2.1. DIFERENTES TIPOS DE ENSAYOS EN TRANSFORMADORES.....                       | 26          |
| 2.2. CAPACITACION SOBRE NORMAS ELECTRICAS.....                                 | 28          |
| 2.3. RIESGOS ELECTRICOS EN EL TRABAJO.....                                     | 29          |
| 2.4. MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO DE MEDICION.....                               | 30          |
| 2.5. DISPONIBILIDAD DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO           | 31          |
| 2.6. IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.....      | 32          |
| 2.7. CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS..            | 33          |
| 2.8. EXPERIENCIA EN EL MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO.....                         | 34          |
| 2.9. IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO..... | 35          |
| 2.10. CLASIFICACION Y TIPOS DE TRANSFORMADORES.....                            | 36          |
| 2.11. SABE UD. QUE ES UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION?.....                   | 37          |
| 2.12. PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.....                          | 38          |
| 2.13. EQUIPO ELECTRICO PARA PRUEBAS DE TRANSFORMADORES.....                    | 39          |
| 2.14. MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES.....     | 40          |
| 2.15. CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS.            | 41          |
| 2.16. EXPERIENCIA DOCENTE.....   | 42          |
| 2.17. PARAMETROS TECNICOS QUE UN TRANSFORMADOR DEBE CUMPLIR.....               | 43          |
| 2.18. LABORATORIO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.....                     | 44          |
| 2.19. TABULACION DE DATOS DOCENTES.....  | 46          |
| 2.20. TABULACION DE DATOS ESTUDIANTES.....                                     | 46          |
| 2.21. RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVABLES.....                                  | 47          |
| 2.22. RESUMEN DE FRECUENCIAS ESPERADAS.....                                    | 48          |
| 2.23. CALCULO DEL $Xc^2$ .....   | 49          |
| 2.24. CUADRO DE DECISION ESTADISTICA.....                                      | 50          |



## INDICE DE FIGURAS

| CONTENIDOS   | PAG. |
|--|------|
| 1.1. DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.....   | 3    |
| 1.2. CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR.....   | 4    |
| 1.3. DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO....   | 6    |
| 1.4. INTERRUPTOR BASCULANTE.....   | 9    |
| 1.5. INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.....   | 9    |
| 1.6. CONTACTOR.....  | 10   |
| 1.7. RELE DE SOBRECORRIENTE.....   | 10   |
| 1.8. VARIAC.....   | 11   |
| 1.9. TRANSFORMADOR.....  | 11   |
| 1.10. ANALIZADOR DE ENERGIA.....   | 12   |
| 1.11. ZONA DE CONTACTO DIRECTO.....  | 18   |
| 1.12. PROTECCION CLASE "A" SEPARACION GALVANICA.....   | 20   |
| 1.13. PROTECCION CLASE "A" PEQUEÑAS TENSIONES DE SEGURIDAD.....  | 21   |
| 1.14. PROTECCION CLASE "A", AISLAMIENTO DE PROTECCION.....   | 21   |
| 2.1. PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE<br>ENSAYO DE TRANSFORMADORES.....             | 26   |
| 2.2. CAPACITACION SOBRE NORMAS ELECTRICAS INEN 2114.....   | 28   |
| 2.3. CONOCIMIENTOS DE RIESGOS ELECTRICOS.....  | 29   |
| 2.4. DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO DE MEDICION.....  | 30   |
| 2.5. DISPONIBILIDAD DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y<br>CORTOCIRCUITO.....                                     | 31   |
| 2.6. IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y<br>CORTOCIRCUITO, INNOVACION EN EL PROCESO EDUCATIVO..... | 32   |
| 2.7. CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES<br>PRACTICAS.....  | 33   |
| 2.8. EXPERIENCIA EN EL MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO.....   | 34   |
| 2.9. IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS.....  | 35   |
| 2.10. CLASIFICACION Y TIPOS DE TRANSFORMADORES.....  | 36   |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.11. | ¿QUE ES UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION?.....  | 37 |
| 2.12. | TIPOS DE PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.....                                    | 38 |
| 2.13. | EQUIPO ELECTRICO USADO PARA PRUEBAS DE TRANSFORMADORES.....                                 | 39 |
| 2.14  | MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.....   | 40 |
| 2.15  | CONOCIMIENTO TEORICO IMPARTIDO POR DOCENTES COMPLEMENTADO<br>CON ACTIVIDADES PRACTICAS..... | 41 |
| 2.16. | EXPERIENCIA DOCENTE EN EL EQUIPO DE MEDICION ELECTRICO.....                                 | 42 |
| 2.17. | PARAMETROS QUE UN TRANSFORMADOR DEBE CUMPLIR PARA USO EN LA<br>RED PUBLICA.....             | 43 |
| 2.18. | IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y<br>CORTOCIRCUITO.....                     | 44 |
| 3.1.  | DIAGRAMA DE FUERZA DEL MODULO DE PRUEBAS.....   | 52 |
| 3.2.  | MONTAJE DEL VARIAC.....   | 53 |
| 3.3.  | VOLANTE DE GIRO PARA VARIACION MANUAL DE VOLTAJE.....                                       | 54 |
| 3.4.  | TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO 240/480VAC.....  | 55 |
| 3.5.  | ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGIA MICROVIP MK1.2.....  | 56 |
| 3.6.  | PANTALLA DEL MICROVIP MK1.2.....  | 56 |
| 3.7.  | PINZA AMPERIMETRICA.....  | 57 |
| 3.8.  | PROTECCION DEL ANALIZADOR, VOLTIMETRO Y LOGO.....   | 58 |
| 3.9.  | REFERENCIA PARA ACOPLAMIENTO DEL VARIAC, TRANSFORMADOR Y<br>PROTECCIONES.....               | 59 |
| 3.10. | SWITCH DE SERVICIO.....   | 60 |
| 3.11. | INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS UNIPOLARES (BR1Y BR2).  | 61 |
| 3.12. | CONTACTOR K1.....   | 62 |
| 3.13. | RELE DE SOBRECORRIENTE.....   | 63 |
| 3.14. | VARIAC.....   | 64 |
| 3.15. | TRANSFORMADOR ELEVADOR.....   | 65 |
| 3.16. | DIAGRAMA DE CONEXION.....   | 65 |
| 3.17. | CONTACTOR K2.....   | 66 |
| 3.18. | ANALIZADOR DE ENERGIA - VISTA FRONTAL Y POSTERIOR.....                                      | 67 |

## **INDICE DE ANEXOS**

|              |   |
|--------------|---|
| ANEXO UNO    | ENCUESTA DIRIGIDA A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI    |
| ANEXO DOS    | ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI |
| ANEXO TRES   | MANUAL DE USUARIO   |
| ANEXO CUATRO | PRACTICAS DE LABORATORIO PARA ENSAYO EN CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.                       |
| ANEXO CINCO  | PRACTICAS DE LABORATORIO PARA ENSAYO EN CIRCUITO ABIERTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.                    |
| ANEXO SEIS   | HOJAS GUIA DE INFORME.  |
| ANEXO SIETE  | PROGRAMA LOGO SIEMENS.  |

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como objetivo la elaboración e implementación de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución y potencias de hasta 25kVA, equipo que será implementado en el laboratorio de alto voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi, como aporte al conocimiento teórico práctico de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica, con el propósito de realizar pruebas eléctricas en vacío y cortocircuito de transformadores y establecer el adecuado funcionamiento y operatividad de los mismos pudiendo ser o no puestos al servicio de la red eléctrica pública.

El módulo de pruebas para transformadores de distribución, es una máquina eléctrica que proporciona voltajes variables en un rango de 0 a 240 VAC, y corrientes alternas de hasta 3.5 Amperios por lo tanto para cumplir con estas especificaciones eléctricas el módulo posee una fuente variable de voltaje VARIAC, también la instrumentación necesaria para la medición de potencia, voltaje y corriente.

Las señales eléctricas obtenidas de los ensayos, pueden ser legibles a través de un analizador de calidad de energía MICROVIP MK1.2, todo este proceso descrito está comandado por un LOGO (PLC), el mismo que está programado para accionar en secuencia dos contactores y realizar las pruebas en vacío y cortocircuito. Cabe resaltar que todo el sistema de fuerza se encuentra protegido por interruptores termomagnéticos, y relé de sobrecorriente con el fin de precautelar el buen estado del equipo.

## SUMMARY

This project aims at the development and implementation of module tests and short circuit load losses of distribution transformers and single phase power up to 25kVA, a team that will be implemented in the high voltage laboratory of the Technical University of Cotopaxi, as a contribution to theoretical and practical knowledge of students in the Engineering Electrical and Electromechanical, in order to perform electrical tests shorted-load and transformer and set the proper functioning and operation there of may be or not in the service of the public grid.

The test module distribution transformer is an electrical machine providing variable voltages ranging from 0 to 240 VAC and AC currents up to 3.5 Amps so to meet the electrical specifications module has a variable voltage source VARIAC also the necessary instrumentation for measuring power, voltage and current.

The electrical signals obtained from the tests are readable through a power quality analyzer MICROVIP MK1.2, described this process is controlled by a LOGO (PLC), it is scheduled to operate in sequence two contactors and testing load and short circuit. It should be noted that the entire power system is protected by circuit breakers and over current relay in order to safeguard the health of the team.

## **CERTIFICADO**

Certifico que la traducción al Idioma Inglés del Resumen de la Tesis: “ELABORACION E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS DE PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25KVA”, desarrollada por los señores Egresados Flavio Santiago Chico Lascano y Juan Carlos Gómez Cevallos, fue realizado bajo mi supervisión y se encuentra correctamente traducida.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso de este documento como mejor convenga a sus intereses.

-----  
Msc. Vladimir Sandoval V.  
C.I. 050210421-9

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

Latacunga, 28 de Junio del 2012

# INTRODUCCION.

La presente investigación se realizó en el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi y en el laboratorio de pruebas de transformadores de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., durante los años 2011 y 2012, en la misma se abordó el problema científico denominado:

“Elaborar e implementar un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución y potencias de hasta 25kVA”.

Esta investigación es de enorme importancia porque con la implementación del módulo los estudiantes de la UTC verán reforzados sus conocimientos al tener la oportunidad de realizar las pruebas que normalmente se hacen a los transformadores de distribución antes de ser puestos al servicio de la red eléctrica pública.

Los objetivos alcanzados durante el desarrollo de este estudio son:

- Implementar el módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución hasta 25 KVA, para facilitar el aprendizaje práctico de los alumnos de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica
- Elaborar hojas guía de laboratorio para realizar prácticas con el módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución hasta 25 KVA, y con ello garantizar la correcta aplicación de las pruebas con el equipo.
- Emitir un protocolo de pruebas que garantice el cumplimiento de la norma INEN 2114 a más del protocolo de fábrica.
- Proponer pruebas básicas para el manejo del módulo en el laboratorio de Eléctrica.
- Preparar al talento humano que va a manejar el módulo de pruebas de transformadores.

La hipótesis que se utilizó para guiar el proceso investigativo fue: “La elaboración e implementación de módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, permitirá verificar el

correcto funcionamiento de los mismos, evitará mal uso y accidentes en su operatividad”, misma que se comprobó al término del segundo capítulo.

Los métodos utilizados en la investigación fueron:

- Método Científico
- Método Deductivo
- Método Inductivo
- Método Hipotético

Para la recolección de datos se utilizó las siguientes técnicas:

- Percepción
- Lectura comprensiva
- Entrevista
- Encuesta

Se trabajó con una población de 15 profesores y 200 alumnos estableciendo una muestra de 15 docentes y 138 estudiantes.

Los resultados de la investigación serán de enorme importancia para la carrera de Ingeniería Eléctrica, mismos que permitirán una futura acreditación.

Entre las dificultades que se presentaron durante el desarrollo de la tesis se puede mencionar:

- Dificultad para adquirir los componentes del módulo de pruebas.
- Costo de componentes del módulo.
- Importe de analizador de energía.
- Tardanza en la llegada de equipos.

Este estudio está estructurado por tres capítulos, el capítulo I, detalla teóricamente los ensayos en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos, así como los riesgos eléctricos y normas de seguridad a seguir para evitar accidentes eléctricos.

El capítulo II, realiza la presentación, análisis e interpretación de resultados obtenidos de la encuesta realizada a profesores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UTC, verificando la hipótesis planteada.



El capítulo III, describe los elementos de protección, comando y visualización de datos, así como el ensamblaje de los mismos con el fin de construir el modulo de pruebas, además propone un manual de usuario y hojas guía de laboratorio para otorgar al estudiante y docente una información confiable para el uso seguro y adecuado del equipo.

# **CAPITULO I**

## **FUNDAMENTACION TEORICA.**

### **1.1. ANTECEDENTES.**

La Universidad Técnica de Cotopaxi al ser un establecimiento líder en el Sistema Nacional de Educación Superior, donde se forman profesionales de calidad, excelencia, creativos, y de pensamiento crítico, contempla en su ideología que los estudiantes elaboren proyectos investigativos en los cuales se pongan de manifiesto los conocimientos impartidos en las aulas, además

del complemento ideal de los laboratorios y el recurso humano calificado con el que cuenta la Universidad.

## **1.2. PRUEBAS ELECTRICAS EN TRANSFORMADORES DEDISTRIBUCION**

Existen varias pruebas de rutina que se realizan a transformadores de distribución, en la presente sustentación se enfocará básicamente a dos de esas (prueba de cortocircuito, prueba de circuito abierto) las cuales se las realizará con las hojas guía de laboratorio del módulo de pruebas de pérdidas en vacío y corto circuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, para garantizar su correcta aplicación.

### **1.2.1. PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO**

Se lleva a cabo para determinar experimentalmente el valor de la impedancia equivalente de un transformador y las pérdidas de los devanados (pérdidas en el cobre). Como su nombre lo indica, la prueba de corto circuito en un transformador se desarrolla con uno de los devanados conectados en corto circuito, debido a esto, al otro se le aplica durante la prueba un voltaje del 5 % al 15 % del voltaje nominal.

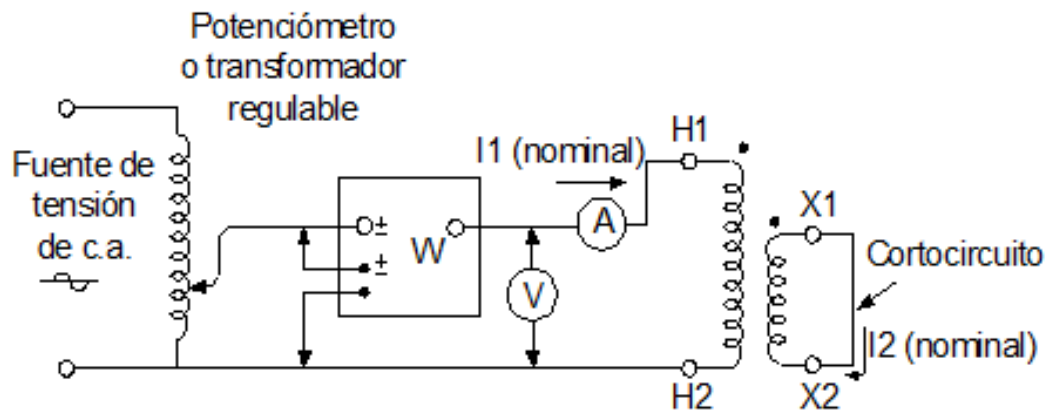
La determinación del valor de las pérdidas adicionales es necesaria para el cálculo del rendimiento. Las pérdidas óhmicas pueden estar exactamente definidas como aquellas debidas al valor de la resistencia de los devanados y a la corriente que circula por ellos, suponiendo que está uniformemente distribuida sobre todas las secciones de los conductores, como si se tratara de una corriente continua. El valor de las pérdidas óhmicas que es proporcional al valor de la resistencia y al cuadrado de la corriente, varía al cambiar la temperatura, en tanto es independiente del valor de la frecuencia. Las pérdidas adicionales o parasitas dependen de la no uniformidad con la que la corriente

alterna se distribuye en la sección de los conductores y son producto del flujo disperso legado a la circulación de la corriente.

Durante la prueba es necesario medir la frecuencia, la tensión de corto circuito, la corriente de corto circuito, la potencia absorbida y la temperatura de los devanados.

A continuación se detalla el esquema de conexión para realizar esta prueba en el transformador.

FIGURA 1.1  
DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

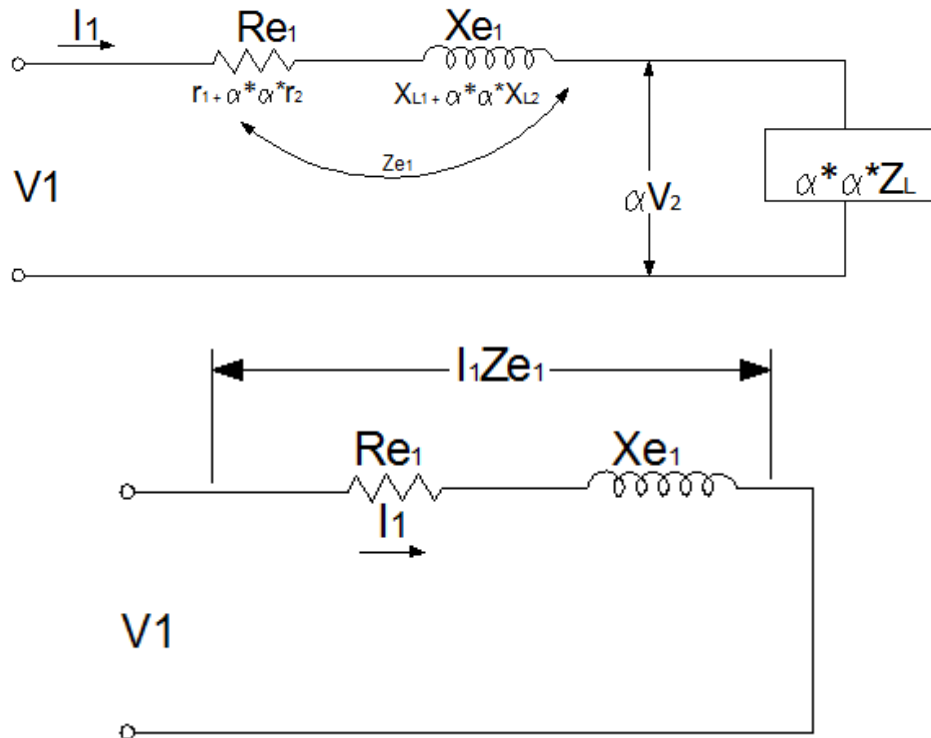


Fuente: Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores.  
Realizado por: Los Investigadores

Se sugiere que con el fin de obtener resultados confiables, la prueba se debe desarrollar con la máxima rapidez, para evitar calentamiento excesivo en los conductores de los devanados, cuyo valor de resistencia se debe mantener constante durante la prueba.

Para el análisis de este ensayo se parte del circuito equivalente del transformador ideal el cual se presenta a continuación:

FIGURA 1.2  
CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR



Fuente: Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores.  
 Realizado por: Los Investigadores

Donde el secundario de bajo voltaje esta en cortocircuito, entonces el  $V_2$ ,  $Z_L$ , son cero.

En resumen, si el secundario del transformador se encuentra en cortocircuito, solo queda cargado con las resistencias y reactancias internas del primario.

Donde la corriente  $I_1$  absorbida de  $V_1$ , está determinada únicamente por la impedancia interna  $Z_{e1}$  de donde se deduce la siguiente ecuación<sup>1</sup>:

$$Z_{e1} = \frac{V_1}{I_1} \quad (1)$$

“De la figura 1.2, se tiene como datos que los valores de  $V_1$ ,  $I_1$  y  $P_{sc}$  medidos por medio del voltímetro, amperímetro y watímetro respectivamente, servirán para calcular, la impedancia referida al primario ecuación (1), la resistencia

<sup>1</sup> Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13 Página 618

referida al primario ecuación (2) y la reactancia referida al primario ecuación (3)<sup>2</sup>.

$$Re_1 = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} \quad (2)$$

$$Xe_1 = \sqrt{(Z^2 e_1 - R^2 e_1)} \quad (3)$$

Con los datos de las ecuaciones (1), (2), (3), se puede calcular los valores de impedancia, resistencia y reactancia referidas al secundario dividiendo estos valores para la relación de transformación al cuadrado así:

$$Ze_2 = \frac{Ze_1}{a^2} \quad (4)$$

$$Re_2 = \frac{Re_1}{a^2} \quad (5)$$

$$Xe_2 = \frac{Xe_1}{a^2} \quad (6)$$

Se realiza esta prueba en lado de baja del transformador ya que este tiene un voltaje en bornes menor que el lado de alta y por ende un valor mayor de intensidad nominal, por esta razón se la hace en el lado de baja, pero hay que acotar que se puede hacer la prueba en el lado de alta lo cual no es muy recomendable por la seguridad del operador.

### 1.2.2. PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

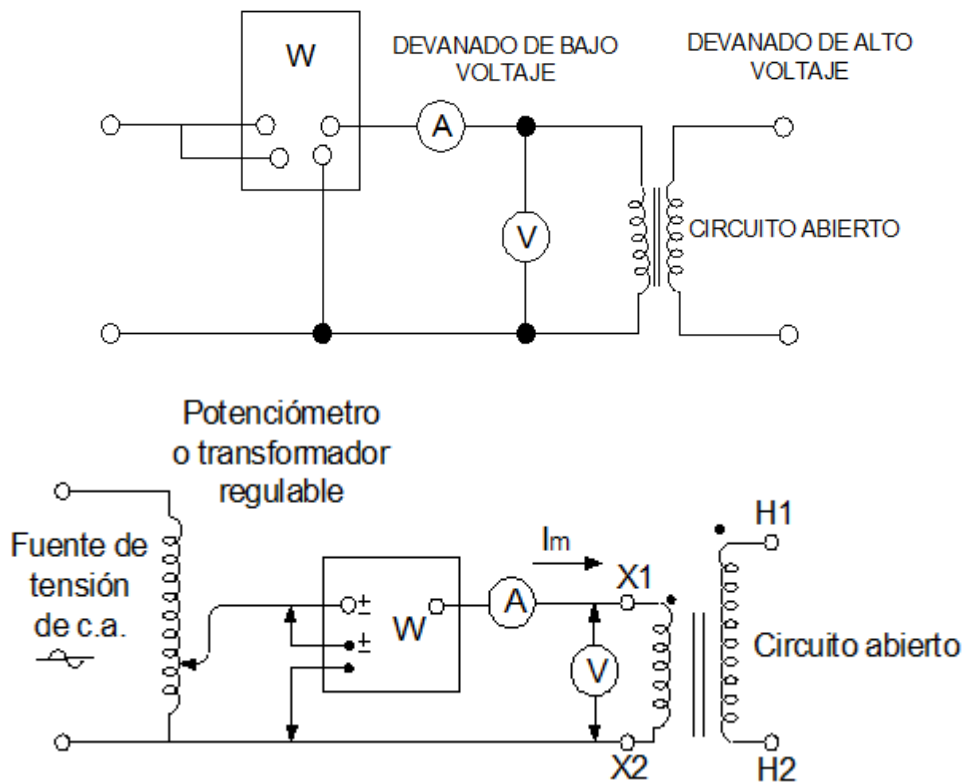
---

<sup>2</sup> Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13 Página 619

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. Una que produce el flujo en el núcleo y la otra que alimenta las llamadas pérdidas por histéresis y por corrientes circulares.

En la siguiente figura, se detalla el esquema de conexión para realizar esta prueba en el transformador.

FIGURA 1.3  
 DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO



Fuente: Irving L. Kosow, Máquinas Eléctricas y Transformadores.  
 Realizado por: Los Investigadores

Para la prueba a realizar se debe dejar abierto el devanado primario del transformador mientras en el secundario se excita aplicando el voltaje. Es más seguro realizarlo en el lado de alta por disponibilidad de fuentes de bajo voltaje en cualquier instalación para pruebas.

“Un componente de la corriente de excitación es el responsable de la pérdida en el núcleo, en tanto que el otro responde por el establecimiento del flujo requerido en el núcleo magnético. A fin de medir estos valores con exactitud debe ajustarse con cuidado el voltaje de la fuente a su valor especificado”<sup>3</sup>.

Debido a que el transformador está en vacío, y la corriente de vacío es relativamente pequeña así como la resistencia del arrollamiento de baja algunos autores toman la potencia medida en el watímetro como el valor de pérdidas en el hierro, en nuestro caso y para hacer más exacto este valor se realiza el siguiente cálculo.

$$Ph = Poc - I^2mRe2 \quad (7)$$

Donde:

Poc = Potencia medida en el watímetro

Im = Corriente de magnetización medida en el amperímetro.

Re2= Resistencia del arrollamiento de baja.

### 1.2.3 CALCULO DEL RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR.

“Para calcular el rendimiento de un transformador se aplica la siguiente ecuación en donde se registran todos los valores medidos y calculados de las pérdidas de potencia en el hierro y en el cobre”<sup>4</sup>.

$$n = \frac{P_{nominal}}{P_{nominal} + P_{perdidas}} \quad (8)$$

$$n = \frac{VI \cos \phi}{VI \cos \phi + P_{perdidas}} \quad (9)$$

<sup>3</sup> Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13 Página 622

<sup>4</sup> Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13 Página 623



Donde:

$n$  = Rendimiento del transformador

$P_{nominal}$  = Potencia de dato de placa del transformador

$P_{pérdidas}$  = Pérdidas en el cobre + pérdidas en el hierro

$\cos \phi$  = Factor de potencia

Cabe acotar que el rendimiento del transformador es función del factor de potencia.

### **1.3. DEFINICION DE ELEMENTOS Y NORMA UTILIZADA PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODULO.**

El módulo implementado fue construido mediante la aplicación de las normas:

- IEC-348 CLASE I, (Voltaje de operación 600V).
- UNE-EN55022, (Perturbaciones radioeléctricas).
- IEC-1010 CAT III, (Protección contra polución).
- GRADO IP 40, (Ningún tipo de seguridad contra agua y golpes)

**1.3.1 INTERRUPTOR BASCULANTE.** Es un dispositivo que se utiliza para permitir o interrumpir el flujo de corriente eléctrica a un circuito, se denomina basculante debido a la palanca de actuación que posee, la cual se inclina a derecha o izquierda para cerrar o abrir contactos.

FIGURA 1.4  
INTERRUPTOR BASCULANTE



Realizado por: Los

Fuente: Internet  
Investigadores

**1.3.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.** Es un dispositivo capaz de interrumpir o cortar el flujo corriente eléctrica de un circuito, cuando ésta sobrepasa el valor máximo permisible de la misma, al igual que los fusibles los interruptores

termo magnéticos protegen todo el circuito eléctrico instalado contra sobrecargas y cortocircuitos.

FIGURA 1.5  
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO



Fuente: Internet  
Realizado por: Los Investigadores

**1.3.3 CONTACTOR.** Es un dispositivo que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en un circuito de potencia o uno de mando, tan pronto se energice su bobina.

FIGURA 1.6  
CONTACTOR



Fuente: Internet  
Realizado por: Los Investigadores

**1.3.4 RELE DE SOBRECORRIENTE.** Es un dispositivo electromecánico que sirve para limitar un rango de corriente predeterminado para un circuito, al ser accionado por medio de una bobina y un electroimán este cierra o abre los contactos dependiendo de si es normalmente abierto o normalmente cerrado.

FIGURA 1.7  
RELE DE SOBRECORRIENTE



Fuente: Internet

Realizado por: Los Investigadores

**1.3.5 VARIAC.** Es una fuente variable de voltaje de c.a, que permite setear valores predeterminados de tensión, entre los rangos 0-140Vca, 0-280Vca o más, dependiendo de las características del mismo.

FIGURA 1.8  
VARIAC



Fuente: Internet

Realizado por: Los Investigadores

**1.3.6 TRANSFORMADOR.** Máquina eléctrica capaz de aumentar o disminuir voltaje en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo su potencia, está formado por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético.

FIGURA 1.9  
TRANSFORMADOR



Fuente: Internet

Realizado por: Los Investigadores

**1.3.7 ANALIZADOR DE ENERGIA.** Es un conjunto dispositivos de medida que a través de señales eléctricas como voltaje y corriente calcula valores de potencia, flickers, armónicos, Pst, Fp, W, VAR, etc.

FIGURA 1.10  
ANALIZADOR DE ENERGIA



Fuente: Internet

Realizado por: Los Investigadores

## 1.4. RIESGOS ELECTRICOS

Se ha considerado fundamental explicar este tema debido al peligro que puede conllevar el realizar los ensayos en el módulo de pruebas de transformadores, si no se conoce los daños que puede este ocasionar al manipularlo de una forma inadecuada.

### 1.4.1 CLASIFICACION DE LOS RIESGOS ELECTRICOS

Se detallará los diferentes tipos de riesgos eléctricos que existen, dentro de los cuales se tiene:

### **1.4.1.1 RIESGOS DIRECTOS.**

“Este tipo de riesgo se genera cuando la persona entra en contacto directo con partes vivas (energizadas) al momento de realizar el ensayo con el módulo de pruebas de transformadores y estos pueden ser el bushing de alto voltaje del transformador testeado, etc. Este tipo de riesgo es el provocado por un choque eléctrico, es decir, las consecuencias que se derivan del tránsito, a través del cuerpo humano, de una corriente eléctrica”<sup>5</sup>. Algunas de estas consecuencias pueden ser las siguientes:

- Asfixia o paro respiratorio.
- Fibrilación ventricular o paro cardíaco.
- Tetanización muscular.

#### **1.4.1.1.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RIESGO DE ELECTROCUCION.**

Los efectos negativos de una electrocución dependen directamente de los siguientes factores o parámetros:

- El valor de la intensidad que pasa por el circuito. Estos valores no son constantes ya que dependen de cada persona, del tipo de corriente, etc. Por ello el riesgo que supone una determinada intensidad se evalúa a partir de datos estadísticos, para que sean válidos para un alto porcentaje de la población.
- La resistencia eléctrica del cuerpo humano (piel y tejidos). El valor medio se sitúa alrededor de los 1000 W aunque ésta depende en gran medida del grado de humedad de la piel.

---

<sup>5</sup> <http://rincondelvago.com/riesgos-electricos.html>

- La resistencia del propio circuito. Esta resistencia es nula en casos de contacto directo con el circuito.
- La tensión o voltaje. El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión fija unos valores de tensión de seguridad (tanto para corriente alterna como para continua) de 24V para locales mojados y de 50V para locales secos a la frecuencia de 60 Hz. Hay que recordar que la resistencia del cuerpo humano depende de la tensión así como de la humedad.
- El tipo de corriente (alterna o continua), la corriente continua actúa por calentamiento, aunque puede dar lugar a un efecto electrolítico en el organismo que puede generar riesgo de embolia o muerte por electrólisis de la sangre. La corriente alterna, sin embargo, produce una alteración en la frecuencia del ritmo nervioso y cardíaco que se ocasiona espasmos y fibrilación ventricular.
- Las altas frecuencias, son las menos peligrosas llegando a ser prácticamente inofensivas para valores superiores a 100000 Hz. (a esta frecuencia solo se registran leves calentamientos), mientras que para 10000 Hz., la peligrosidad es similar a la corriente continua.
- El tiempo de contacto, como resulta lógico pensar, los efectos se agravan conforme va aumentando el tiempo de contacto entre el individuo y la corriente eléctrica.
- El recorrido de la corriente a través del cuerpo, las consecuencias más graves se manifiestan cuando la corriente eléctrica pasa a través del sistema nervioso central o de otros órganos vitales como el corazón o los pulmones. En la mayoría de los accidentes eléctricos la corriente circula desde las manos a los pies. Debido a que en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son normalmente graves. Los dobles contactos mano derecha- pie izquierdo (o inversamente), mano- mano, mano- cabeza son particularmente peligrosos. Si el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico serán menores.

### 1.4.1.1.2. EFECTOS FISICOS DEL CHOQUE ELECTRICO.

“Dependen, entre otros factores del tiempo de exposición y del recorrido de la corriente a través del cuerpo. Aquí se presenta una tabla que ilustra acerca de los efectos en el organismo, tanto para un hombre como para una mujer, fruto del paso de distintas intensidades por el cuerpo humano, haciendo una distinción entre corriente continua y corriente alterna”<sup>6</sup>:

CUADRO 1.1  
EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE SOBRE EL ORGANISMO.

| INTENSIDAD (mA) |       |            |       | EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO  |
|-----------------|-------|------------|-------|---|
| c.c.            |       | c.a.(50Hz) |       |   |
| HOMBRE          | MUJER | HOMBRE     | MUJER |   |
| 1               | 0,6   | 0,4        | 0,3   | Ninguna sensación   |
| 5,2             | 3,5   | 1,1        | 0,7   | Umbral de percepción  |
| 76              | 51    | 16         | 10,5  | Umbral de intensidad limite   |
| 90              | 60    | 23         | 15    | Choque doloroso y grave (Contracción muscular y dificultad respiratoria)                |
| 200             | 170   | 50         | 35    | Principio de fibrilación ventricular  |
| 1.300           | 1.300 | 1.000      | 1.000 | Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Corta duración (hasta 0.03 segundos) |
| 500             | 500   | 100        | 100   | Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Duración (hasta 0.03 segundos)       |

Fuente: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02.  
Realizado por: Los Investigadores

### 1.4.1.2 RIESGOS INDIRECTOS.

Son los que aún siendo la causa primera un contacto con la corriente eléctrica, tienen distintas consecuencias derivadas de: Golpes contra objetos, caídas, etc., ocasionados tras el contacto con la corriente, ya que aunque en ocasiones no pasa de crear una

<sup>6</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Empresa>

sensación de chispazo desagradable o un simple susto, esta puede ser la causa de una pérdida de equilibrio y una consecuente caída o un golpe contra un determinado objeto. A veces la mala suerte hace que este tipo de accidentes cobren la vida de personas en contacto con tensiones aparentemente seguras.

#### **1.4.1.2.1 PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE ELECTROCUCION DIRECTA O INDIRECTA.**

No hay que tocar el cuerpo del afectado ni el alambre o elemento eléctrico hasta que se lo haya retirado del circuito eléctrico. De hacerlo seguramente pasaríamos a formar parte del circuito eléctrico con lo que solamente conseguiríamos agravar el problema. En los casos graves, la víctima presenta una sensible palidez y su pulso es débil. Se impone masaje cardíaco externo y reanimación respiratoria.

Tratar las quemaduras que pudieron haberse producido con abundante agua (nunca cremas) así como fracturas o golpes.

Trasladarlo urgentemente al Centro Médico, acostado y con los pies elevados para favorecer la circulación encefálica (siempre y cuando no se pueda solicitar la ayuda de los profesionales de la salud). Esta posición se mantendrá aún cuando el accidentado se encuentre consciente.

Una fuerte descarga puede producir heridas internas, por lo que se moverá a la víctima lo menos posible ya que se podría agravar en gran medida sus lesiones. Por ello es necesario repetir que en la mayor parte de las ocasiones la mejor ayuda que podemos hacer es solicitar la presencia de una ambulancia o una unidad de cuidados intensivos (dependiendo de la gravedad del accidente).

Aún si la descarga ha sido pequeña, hay que observar al damnificado durante los días siguientes al accidente.

Son comunes los siguientes síntomas:

- Dolores de cabeza.
- Zumbido de oídos.



- Molestias ante la luz (fotofobia).
- Somnolencia.

Si se manifiestan resulta imprescindible trasladar al accidentado a un centro médico u hospital para observarlo y tratarlo.

## **1.5. NORMAS DE SEGURIDAD.**

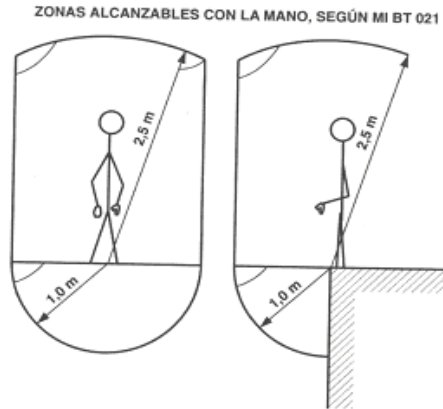
### **1.5.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION CONTRA CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS.**

“Según el artículo 51 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.), y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 021, las medidas pasivas para evitar los contactos directos son las siguientes:

- Separación de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación, este valor debe ser mayor que el que se detalla en el siguiente enunciado.
- Se considera zona alcanzable con la mano la que, medida a partir del punto donde la persona pueda estar situada, está a una distancia límite de 2.5 metros hacia arriba, 1 metro lateralmente y hacia abajo, tomando como punto de referencia el situado en el suelo entre los 2 pies, tal como se ilustra en la figura 1.11
- Si habitualmente se manipulan objetos conductores (tubos, barras, etc.), estas distancias deberán aumentarse de acuerdo con la longitud de dichos elementos conductores.

FIGURA 1.11

ZONA DE CONTACTO DIRECTO.



Fuente: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02.

Realizado por: Los Investigadores

- Aislamiento de las partes activas mediante un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que evite una tensión de contacto que origine una intensidad de un valor superior a 1 mA. La resistencia del cuerpo humano será considerada como 2500 ohmios.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas al descubierto de la instalación. Los obstáculos de protección (tabiques, rejillas, pantallas, etc.) deben estar fijados de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.
- Si los obstáculos son metálicos, se considerarán como masas y deberán estar protegidos contra los contactos indirectos.

Para poder considerar protegidas las partes activas por medio de obstáculos, además de resistentes y convenientemente fijados, será necesario que:

- Todas las superficies exteriores de los obstáculos deben poseer un grado de protección mínimo de IP2 (Ver Anexo 3).

- Las superficies fácilmente accesibles (al alcance de las personas) deben tener un grado de protección de IP4.”<sup>7</sup>, (Ver Anexo 3).

### **1.5.2. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION CONTRA CONTACTOS ELECTRICOS INDIRECTOS.**

“Está concebida para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un defecto de aislamiento entre las partes activas y masa u otras partes conductoras accesibles.

Según la Instrucción Complementaria MIBT 021, apartado 2, del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, es preceptivo establecer sistemas de protección contra contactos indirectos en aquellas instalaciones con tensiones superiores a los 60 V., agrupándose en dos clases: Clase A y Clase B”<sup>8</sup>.

### **1.5.3 SISTEMAS DE PROTECCION CLASE A.**

Consisten en suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos e impedir los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores.

- Separación de circuitos. Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización respecto de la fuente de energía (circuito de distribución y alimentación de la corriente al elemento que se quiere proteger y circuito general de suministro de electricidad) por medio de transformadores o grupos convertidores (motor- generador) manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización incluido el neutro.

---

<sup>7</sup> Norma Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.)y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02. Apartado 1.

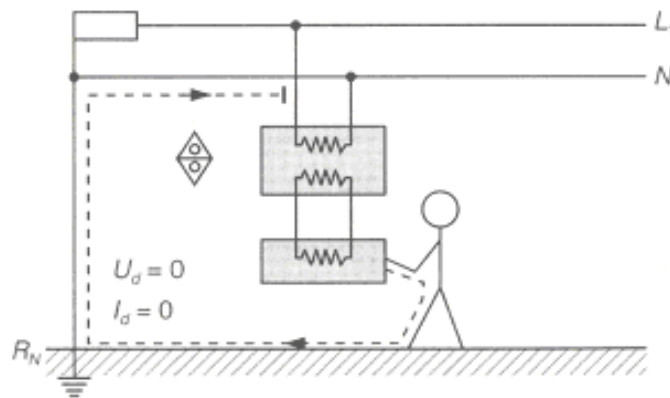
<sup>8</sup> Norma Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.)y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02. Apartado 2.

Presenta los siguientes inconvenientes:

- El límite superior de la tensión de alimentación y de la potencia de los transformadores de separación es de 250 V y 10 kVA para los monofásicos y 400 V y 16 kVA para los trifásicos.
- No detecta el primer fallo de aislamiento.

FIGURA 1.12

PROTECCION CLASE "A" SEPARACION GALVANICA.



Fuente: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02.

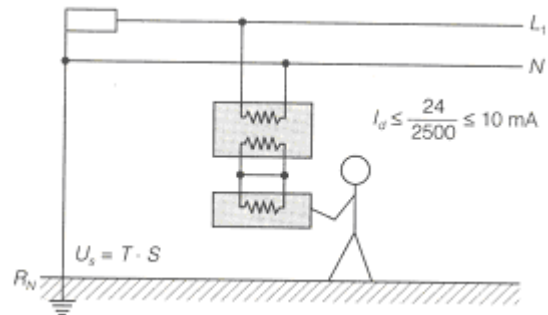
Realizado por: Los Investigadores

Si se produce una tensión de defecto en el elemento protegido y la persona lo toca, no se produciría el paso de la corriente por ella ante la imposibilidad de cerrarse el circuito debido a la separación galvánica existente entre el circuito general y el de distribución y alimentación al elemento protegido.

- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad. Los valores utilizados son de 24 V., de valor eficaz para locales húmedos o mojados, y 50 V. para locales secos. La tensión de seguridad será suministrada por transformadores, baterías, etc. y estarán aisladas de tierra.

FIGURA 1.13

PROTECCION CLASE "A" PEQUEÑAS TENSIONES DE SEGURIDAD.



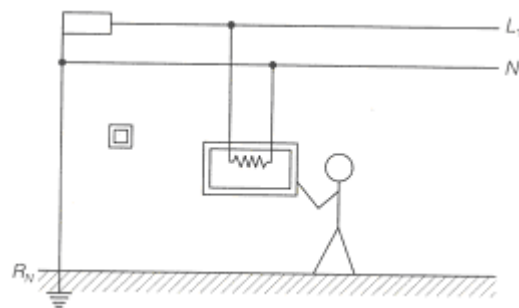
Fuente: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02.

Realizado por: Los Investigadores

- Separación de las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección. El doble aislamiento que está señalado con el símbolo se aplica en máquinas, herramientas portátiles, aparatos electrodomésticos pequeños, interruptores, pulsadores, etc.

FIGURA 1.14

PROTECCIÓN CLASE "A", AISLAMIENTO DE PROTECCIÓN.



Fuente: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02.

Realizado por: Los Investigadores

- Conexiones equipotenciales de las masas. Este sistema de protección consiste en unir entre sí todas las masas de la instalación a proteger y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que

puedan aparecer, en un momento dado, diferencias de potencial peligrosas entre ambos.

Esto se consigue uniendo por medio de un conductor de protección y a través de uniones de muy débil resistencia:

- Todas las masas entre sí
- Con los elementos conductores de la edificación susceptibles de contacto (tuberías, radiadores, etc.)
- Con los electrodos de puesta a tierra, si nos interesa proteger y también contra la tensión  $v_{masa}$  y  $v_{suelo}$ .

#### **1.5.4 SISTEMAS DE PROTECCION CLASE B.**

Consiste en la puesta de las masas directamente a tierra o a neutro, y, además, en la dotación de un dispositivo de corte automático que dé lugar a la desconexión de las instalaciones defectuosas con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto. Este sistema de protección evita la persistencia de una tensión peligrosa entre la masa de la instalación y un punto de tierra, produciéndose el corte automático en un tiempo menor de 5 segundos.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación al conductor neutro, de tal forma que los defectos francos de aislamiento se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro, provocando el funcionamiento del dispositivo de corte automático. Los dispositivos de corte utilizados serán interruptores automáticos o cortocircuitos fusibles.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación a la tierra mediante electrodos o grupo de electrodos enterrados en el suelo, de tal forma que las carcassas o partes metálicas no puedan quedar sometidas por defecto de derivación a una tensión superior a la de seguridad. Para ello, se utilizan como dispositivos de corte los diferenciales. Estos diferenciales serán de mayor sensibilidad cuanto mayor sea la resistencia de la tierra a la que está unido el circuito de protección.
- Empleo de interruptores diferenciales. La misión de los diferenciales es la siguiente:
  - Reducir el tiempo de paso de la corriente por el cuerpo humano, mediante la interrupción rápida.
  - Reducir la corriente que pasa por el cuerpo humano, a un valor suficientemente bajo.

Teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para el cuerpo humano en que puede producirse la fibrilación según los valores intensidad/tiempo, se estima que la sensibilidad debe de ser 25 a 30mA y el tiempo de disparo menor de 250 mseg. Los interruptores diferenciales se representan por el símbolo  $\boxplus$  seguido de la sensibilidad.

**CAPITULO II**

**PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE**

**RESULTADOS.**

**2.1. CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UTC.**



### **2.1.1. Descripción.**

La Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, contempla como objetivo el desarrollo de nuevos planes investigativos que tengan como finalidad el ser un aporte a la colectividad, el propósito del presente tema de tesis está orientado a que los futuros profesionales de la UTC, se familiaricen con el uso del módulo de pruebas de pérdidas en vacío y corto circuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, aplicando criterios y normas técnicas que son indispensables para utilizar correctamente los equipos y realizar prácticas con resultados confiables.

Con la implementación del módulo de pruebas el estudiante estará en la capacidad de emitir un protocolo de pruebas avalado por los profesionales a cargo del laboratorio, en el cuál se indicará si el transformador probado cumple o no con las normas NTE-INEN 2114 (Ver Anexo 3), para con ello certificar la confiabilidad y calidad de los equipos a ser instalados en los sistemas eléctricos de potencia.

### **2.2. FORMULACION DE INSTRUMENTOS.**

Considerando que la investigación es del orden cuasi experimental descriptiva exposfacto los postulantes usarán la estadística descriptiva puesto que se analizará parámetros como frecuencia, porcentaje, media entre otros.

### **2.3. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.**

#### **ENCUESTA DIRIGIDA A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

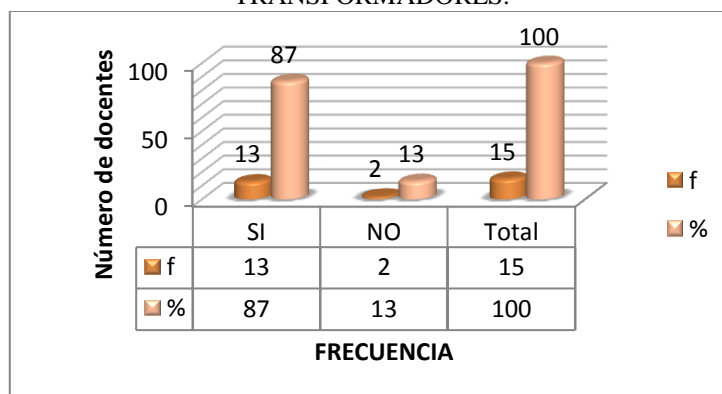
**Pregunta N° 1:** ¿Conoce usted los procedimientos para la realización de los diferentes tipos de ensayos de transformadores de distribución?

CUADRO 2.1  
DIFERENTES TIPOS DE ENSAYOS EN TRANSFORMADORES.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 13         | 87             | 0,87      |
| NO           | 2          | 13             | 0,13      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.1  
PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación.

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°1 sobre si conoce los procedimientos para la realización de los diferentes tipos de ensayos de transformadores de distribución se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.1 que 13 profesores responden afirmativamente mientras que 2 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 87% de los docentes afirma la pregunta y un 13% lo niega.

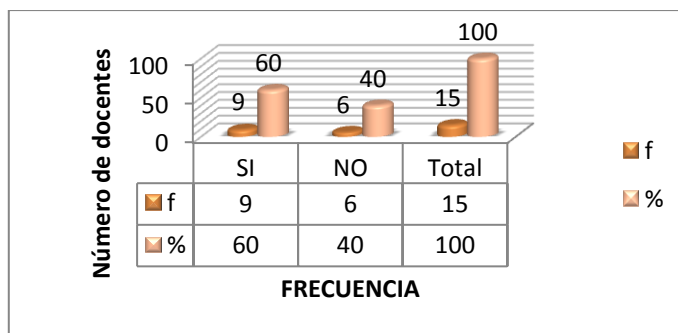
**Pregunta N° 2:** ¿Ha recibido capacitación sobre normas eléctricas INEN 2114, referente a los ensayos en transformadores de distribución?

CUADRO 2.2  
CAPACITACION SOBRE NORMAS ELECTRICAS.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 9          | 60             | 0,60      |
| NO           | 6          | 40             | 0,40      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.2  
CAPACITACION SOBRE NORMAS ELECTRICAS INEN 2114.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación.**

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°2 sobre si ha recibido capacitación sobre normas eléctricas INEN 2114, referente a los ensayos en transformadores de distribución se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.2 que 9 profesores responden afirmativamente mientras que 6 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 60% de los docentes afirma la pregunta y un 40% lo niega.

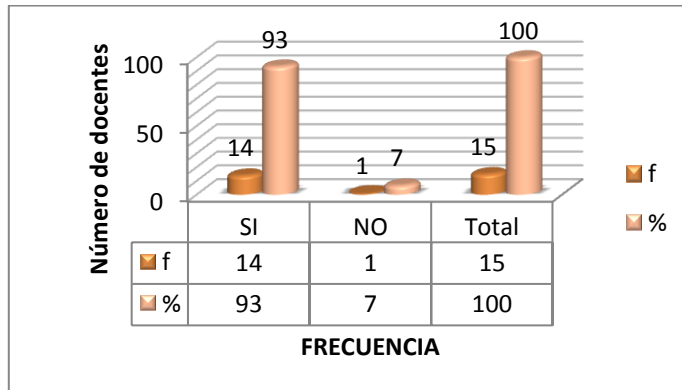
**Pregunta N° 3:** ¿Dispone de conocimientos acerca de riesgos eléctricos en el trabajo?

CUADRO 2.3  
RIESGOS ELECTRICOS EN EL TRABAJO.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 14         | 93             | 0,93      |
| NO           | 1          | 7              | 0,07      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.3  
CONOCIMIENTOS DE RIESGOS ELECTRICOS.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación**

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°3 sobre si dispone de conocimientos acerca de riesgos eléctricos en el trabajo se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.3 que 14 profesores responden afirmativamente mientras que 1 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 93% de los docentes afirma la pregunta y un 7% lo niega.

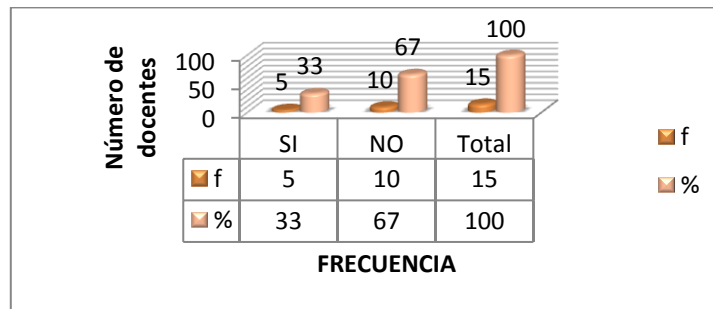
**Pregunta N° 4:** ¿Dispone o maneja usted el equipo eléctrico de medición usado para la realización de pruebas de transformadores?

CUADRO 2.4  
MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO DE MEDICION.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 5          | 33             | 0,33      |
| NO           | 10         | 67             | 0,67      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.4  
DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO DE MEDICION



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°4 sobre si dispone o maneja el equipo eléctrico de medición usado para la realización de pruebas de transformadores se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.4 que 5

profesores responden afirmativamente mientras que 10 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 33% de los docentes afirma la pregunta y un 67% lo niega.

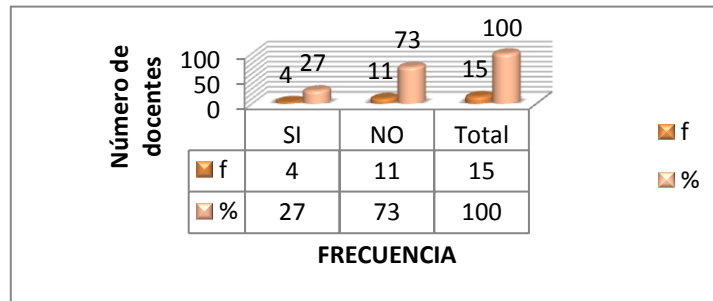
**Pregunta N° 5:** ¿La universidad dispone de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores?

CUADRO 2.5  
DISPONIBILIDAD DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 4          | 27             | 0,27      |
| NO           | 11         | 73             | 0,73      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.5  
DISPONIBILIDAD DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación**

De acuerdo al estudio y con respecto a la pregunta N°5 sobre si la universidad dispone de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.5, que 4 profesores responden afirmativamente mientras que 11 de ellos responden que no, debido a que estos encuestados no son técnicos. Entonces que el 27% de los docentes afirma la pregunta y un 73% lo niega.

**Pregunta N° 6:** ¿Cree Ud. que la implementación de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores monofásicos de distribución implica innovación en el proceso educativo?

CUADRO 2.6

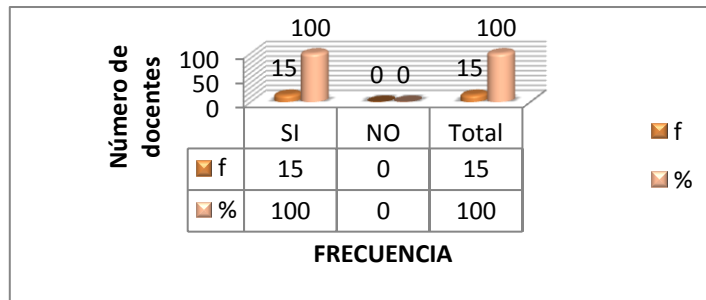
IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 15         | 100            | 1         |
| NO           | 0          | 0              | 0         |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.6

IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO, INNOVACION EN EL PROCESO EDUCATIVO



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación.**

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°6 sobre si cree que la implementación de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores monofásicos de distribución implica innovación en el proceso educativo se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.6 que todos los profesores encuestados responden afirmativamente. Se interpreta entonces que el 100% de los docentes afirma la pregunta.

**Pregunta N° 7:** ¿Cree usted que el conocimiento teórico que usted imparte en la carrera de ingeniería eléctrica de la UTC debe ser complementado con actividades prácticas?

CUADRO 2.7

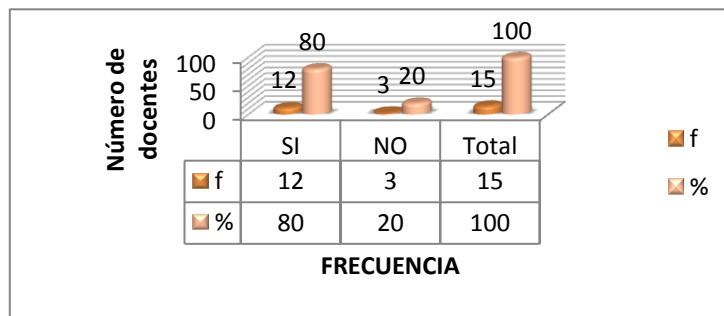
CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 12         | 80             | 0,80      |
| NO           | 3          | 20             | 0,20      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.7

CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°7 sobre si cree que el conocimiento teórico que usted imparte en la carrera de ingeniería eléctrica de la UTC debe ser complementado con actividades prácticas se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.7 que 12 profesores responden afirmativamente mientras que 3 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 80% de los docentes afirma la pregunta y un 20% lo niega.

**Pregunta N° 8:** ¿Tiene usted experiencia en el manejo de equipo eléctrico para la realización de pruebas en transformadores de distribución?

CUADRO 2.8

EXPERIENCIA EN EL MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO

| ITEM | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|------|------------|----------------|-----------|
| SI   | 10         | 67             | 0,67      |

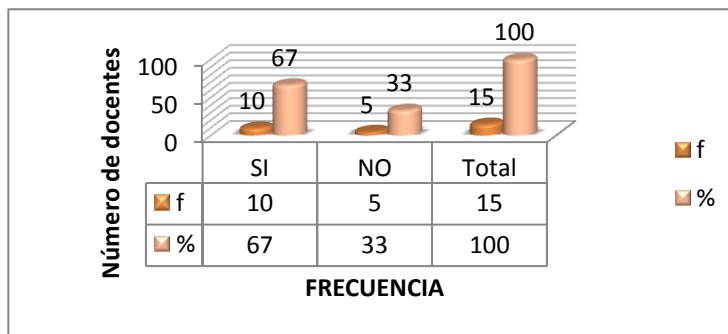


|              |           |            |          |
|--------------|-----------|------------|----------|
| <b>NO</b>    | 5         | 33         | 0,33     |
| <b>Total</b> | <b>15</b> | <b>100</b> | <b>1</b> |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.8

EXPERIENCIA EN EL MANEJO DE EQUIPO ELECTRICO.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°9 sobre si tiene experiencia en el manejo de equipo eléctrico para la realización de pruebas en transformadores de distribución se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.8 que 10 profesores responden afirmativamente mientras que 5 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 67% de los docentes afirma la pregunta y un 33% lo niega.

**Pregunta N° 9:** ¿Le gustaría que la UTC implemente un laboratorio de pruebas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25 KVA?

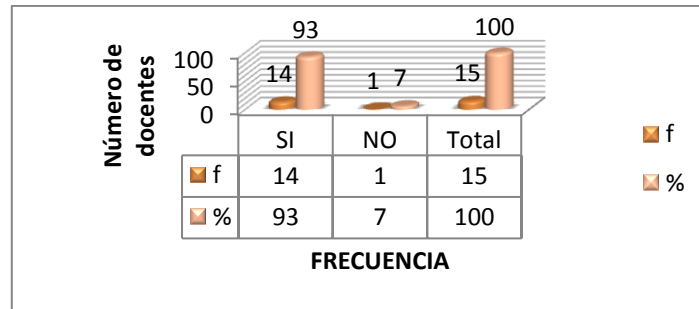
CUADRO 2.9

IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 14         | 93             | 0,93      |
| NO           | 1          | 7              | 0,07      |
| <b>Total</b> | <b>15</b>  | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.9  
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS.



Fuente: Encuesta a docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación.

De acuerdo al estudio realizado y con respecto a la pregunta N°10 sobre si le gustaría que la UTC implemente un laboratorio de pruebas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25 KVA se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.9 que 14 profesores responden afirmativamente mientras que 1 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 93% de los docentes afirma la pregunta y un 7% lo niega.

## ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

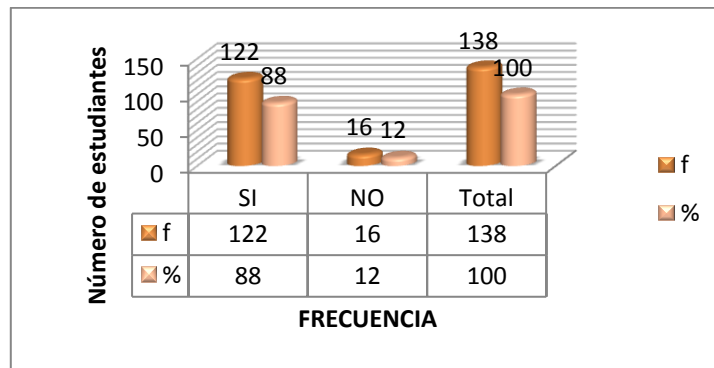
**Pregunta N° 1:** ¿Identifica usted la clasificación y tipo de transformadores?

CUADRO 2.10  
CLASIFICACION Y TIPOS DE TRANSFORMADORES

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 122        | 88             | 0,88      |
| NO           | 16         | 12             | 0,12      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.10  
CLASIFICACION Y TIPO DE TRANSFORMADORES



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación.**

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°2 sobre si identifica la clasificación y tipo de transformadores se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.10 que 122 estudiantes responden afirmativamente mientras que 16 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 88% de los educandos afirma la pregunta y un 12% la niega.

**Pregunta N° 2:** ¿Sabe Ud. que es un transformador de distribución?

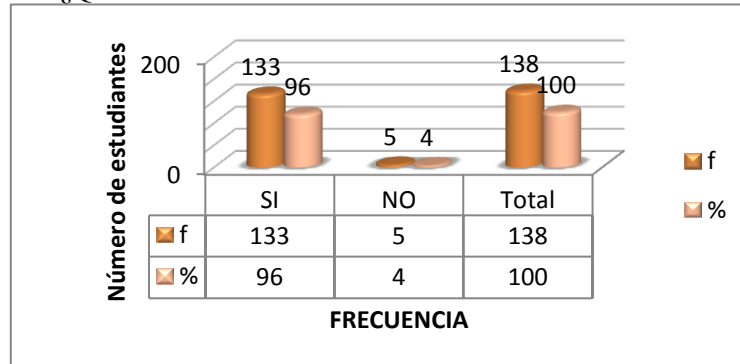
CUADRO 2.11  
SABE UD. QUE ES UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION?.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 133        | 96             | 0,96      |
| NO           | 5          | 4              | 0,04      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.11

¿QUÉ ES UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION?



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación.

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°1 sobre si conoce que es un transformador de distribución se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.11 que 133 estudiantes responden afirmativamente mientras que 5 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 96% de los educandos afirma la pregunta y un 4% la niega.

**Pregunta N° 3:** ¿Conoce teóricamente los diferentes tipos de pruebas que se realizan a los transformadores de distribución?

CUADRO 2.12

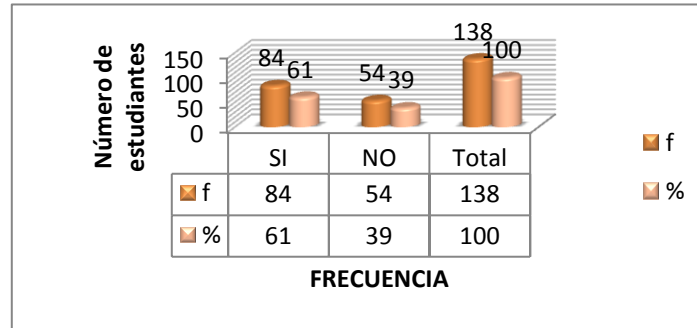
PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 84         | 61             | 0,61      |
| NO           | 54         | 39             | 0,39      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.12

TIPOS DE PRUEBAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación**

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°3 sobre si conoce las pruebas que se realizan a los transformadores de distribución se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.12 que 84 estudiantes responden afirmativamente mientras que 54 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 61% de los educandos afirma la pregunta y un 39% la niega.

**Pregunta N° 4:** ¿Distingue usted el equipo eléctrico que se utiliza para la realización de pruebas de transformadores?

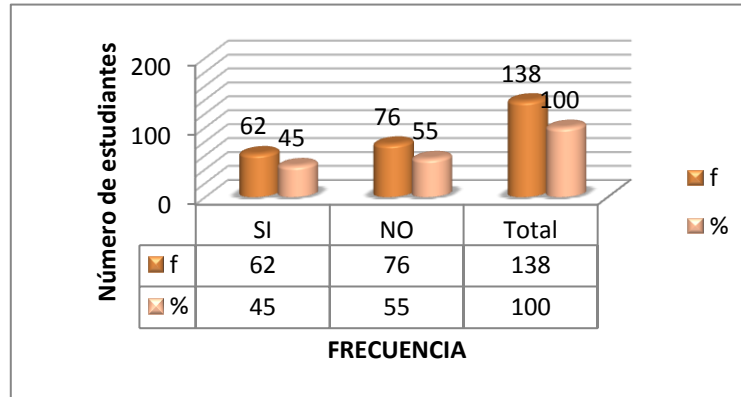
CUADRO 2.13  
EQUIPO ELECTRICO PARA PRUEBAS DE TRANSFORMADORES.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 62         | 45             | 0,45      |
| NO           | 76         | 55             | 0,55      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.13

EQUIPO ELECTRICO USADO PARA PRUEBAS DE TRANSFORMADORES.



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

**Análisis e interpretación**

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°4 sobre si distingue el equipo eléctrico usado para la realización de pruebas de transformadores se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.13 que 62 estudiantes responden afirmativamente mientras que 76 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 45% de los educandos afirma la pregunta y un 55% la niega.

**Pregunta N° 5:** ¿La universidad dispone de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores?

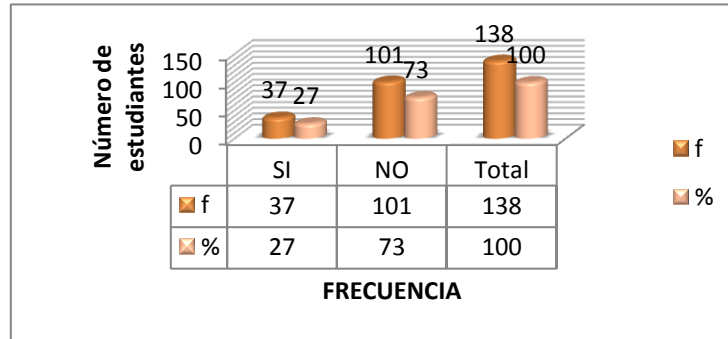
CUADRO 2.14  
MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 37         | 27             | 0,27      |
| NO           | 101        | 73             | 0,73      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.14

MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°5 sobre si la universidad dispone de un módulo de pruebas en vacío y cortocircuito para transformadores se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.14 que 37 estudiantes responden afirmativamente mientras que 101 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 27% de los educandos afirma la pregunta y un 73% la niega.

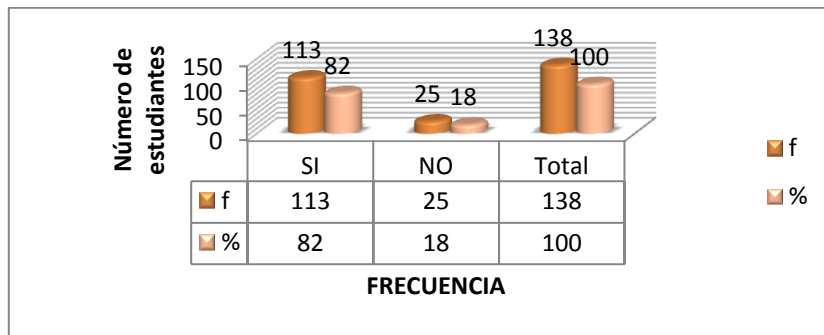
**Pregunta N° 6:** ¿Cree usted que el conocimiento teórico impartido por los docentes de la carrera de ingeniería eléctrica de la UTC debe ser complementado con actividades prácticas?

CUADRO 2.15  
CONOCIMIENTO TEORICO COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 113        | 82             | 0,82      |
| NO           | 25         | 18             | 0,18      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.15  
CONOCIMIENTO TEORICO IMPARTIDO POR DOCENTES COMPLEMENTADO CON ACTIVIDADES PRACTICAS.



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°6 sobre si el conocimiento teórico impartido por los docentes de la carrera de ingeniería eléctrica de la UTC debe ser complementado con actividades prácticas se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.15 que 113 estudiantes responden afirmativamente mientras que 25 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 82% de los educandos afirma la pregunta y un 18% la niega.

**Pregunta N° 7:** ¿El docente tiene experiencia en el manejo de equipo de medición eléctrico?

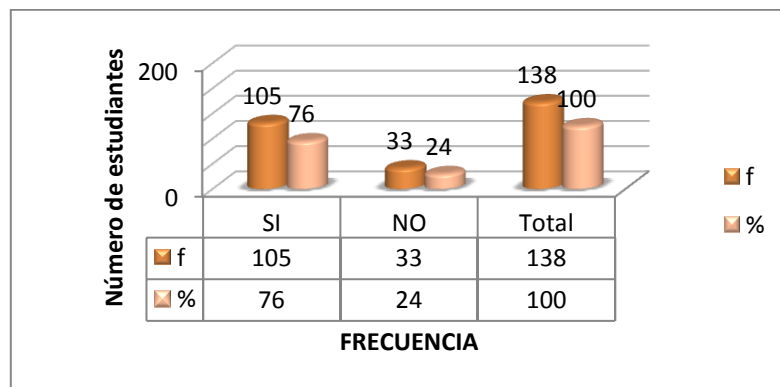
CUADRO 2.16  
EXPERIENCIA DOCENTE.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 105        | 76             | 0,76      |
| NO           | 33         | 24             | 0,24      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.16  
EXPERIENCIA DOCENTE EN EL EQUIPO DE MEDICION ELECTRICO.





Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°7 sobre si el docente tiene experiencia en el manejo de equipo de medición eléctrico se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.16 que 105 estudiantes responden afirmativamente mientras que 33 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 76% de los educandos afirma la pregunta y un 24% la niega.

**Pregunta N° 8:** ¿Conoce usted los parámetros técnicos que un transformador de distribución debe cumplir antes de ser puesto en servicio en la red pública?

CUADRO 2.17

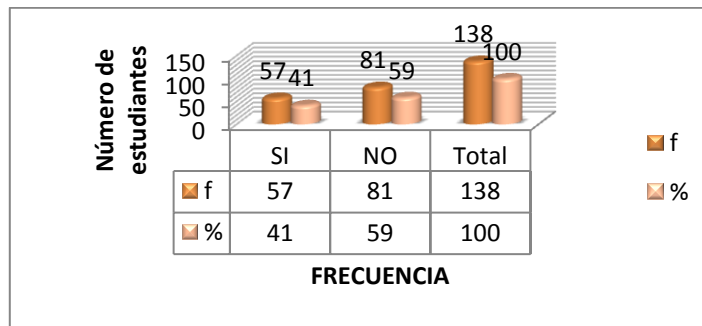
PARAMETROS TECNICOS QUE UN TRANSFORMADOR DEBE CUMPLIR.

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 57         | 41             | 0,41      |
| NO           | 81         | 59             | 0,59      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.17

PARAMETROS QUE UN TRANSFORMADOR DEBE CUMPLIR PARA USO EN LA RED PUBLICA.



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### Análisis e interpretación

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°8 sobre si conoce los parámetros técnicos que un transformador de distribución debe cumplir antes de ser puesto en servicio en la red pública se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.17 que 57 estudiantes responden afirmativamente mientras que 81 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 41% de los educandos afirma la pregunta y un 59% lo niega.

**Pregunta N° 9:** ¿Le gustaría que la UTC implante un laboratorio de pruebas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25 KVA?

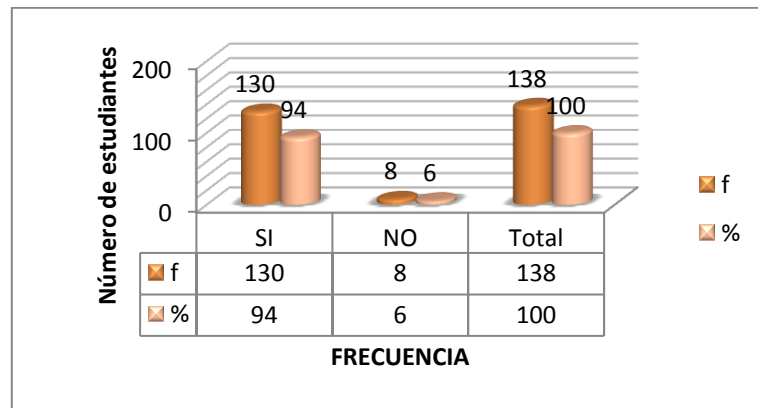
CUADRO 2.18

#### LABORATORIO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO

| ITEM         | Frecuencia | Porcentaje (%) | Media (x) |
|--------------|------------|----------------|-----------|
| SI           | 130        | 94             | 0,94      |
| NO           | 8          | 6              | 0,06      |
| <b>Total</b> | <b>138</b> | <b>100</b>     | <b>1</b>  |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 2.18  
IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO



Fuente: Encuesta a estudiantes.  
Realizado por: Los Investigadores

### **Análisis e interpretación**

De acuerdo al estudio realizado con los estudiantes y con respecto a la pregunta N°9 sobre si le gustaría que la UTC implemente un laboratorio de pruebas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25 KVA se puede denotar en la tabulación de los datos del cuadro N°2.18 que 130 estudiantes responden afirmativamente mientras que 8 de ellos responden que no. Se interpreta entonces que el 94% de los educandos afirma la pregunta y un 6% lo niega.

### **2.4. VERIFICACION DE LA HIPOTESIS.**

#### **Hipótesis.**

“La elaboración e implementación de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, permitirá verificar el correcto funcionamiento de los mismos, evitará mal uso y accidentes en su operatividad”.

#### **Hipótesis nula H0.**

La elaboración e implementación de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, NO influye significativamente en el correcto funcionamiento de los mismos, no evitará mal uso y accidentes en su operatividad.

#### **Hipótesis alternativa H1.**

La elaboración e implementación de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, SI influye significativamente en el correcto funcionamiento de los mismos, evitará mal uso y accidentes en su operatividad.

**Modelo estadístico.**

$$Xc^2 = \frac{(fo-fe)^2}{fe} \quad (10)$$

**Nivel de significación 95% = 0.05**

**Grados de libertad (gl):**

$$gl=(F-1)(c-1)$$

$$gl=(9-1)(2-1)$$

$$gl=(8)(1)$$

$$gl = 8$$

CUADRO 2.19

TABULACIÓN DE DATOS DOCENTES

| Nº | SI | NO | TOTAL |
|----|----|----|-------|
| 1  | 13 | 2  | 15    |
| 2  | 9  | 6  | 15    |
| 3  | 14 | 1  | 15    |
| 4  | 5  | 10 | 15    |
| 5  | 4  | 11 | 15    |
| 6  | 15 | 0  | 15    |
| 7  | 12 | 3  | 15    |
| 8  | 10 | 5  | 15    |
| 9  | 14 | 1  | 15    |

Fuente: Encuesta a docentes.

Realizado por: Los Investigadores

**TABULACION DE ENCUESTAS A ESTUDIANTES**

CUADRO 2.20

TABULACIÓN DE DATOS ESTUDIANTES.

| Nº | SI  | NO  | TOTAL |
|----|-----|-----|-------|
| 1  | 122 | 16  | 138   |
| 2  | 133 | 5   | 138   |
| 3  | 84  | 54  | 138   |
| 4  | 62  | 76  | 138   |
| 5  | 37  | 101 | 138   |
| 6  | 113 | 25  | 138   |
| 7  | 105 | 33  | 138   |

|   |     |    |     |
|---|-----|----|-----|
| 8 | 57  | 81 | 138 |
| 9 | 130 | 8  | 138 |

Fuente: Encuesta a estudiantes.

Realizado por: Los Investigadores

**RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVABLES (Fo)**

CUADRO 2.21

RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVABLES.

| N° | Frecuencias observables |     | Total |
|----|-------------------------|-----|-------|
|    | SI                      | NO  |       |
| 1  | 135                     | 18  | 153   |
| 2  | 142                     | 11  | 153   |
| 3  | 98                      | 55  | 153   |
| 4  | 67                      | 86  | 153   |
| 5  | 41                      | 112 | 153   |
| 6  | 128                     | 25  | 153   |
| 7  | 117                     | 36  | 153   |
| 8  | 67                      | 86  | 153   |
| 9  | 144                     | 9   | 153   |
|    | 939                     | 438 | 1377  |

Fuente: Encuesta a estudiantes y docentes.

Realizado por: Los Investigadores

## RESUMEN DE FRECUENCIAS ESPERADAS (Fe)

CUADRO 2.22

RESUMEN DE FRECUENCIAS ESPERADAS.

| N° | Frecuencias esperadas |      |
|----|-----------------------|------|
|    | SI                    | NO   |
| 1  | 93,9                  | 43,8 |
| 2  | 93,9                  | 43,8 |
| 3  | 93,9                  | 43,8 |
| 4  | 93,9                  | 43,8 |
| 5  | 93,9                  | 43,8 |
| 6  | 93,9                  | 43,8 |
| 7  | 93,9                  | 43,8 |
| 8  | 93,9                  | 43,8 |
| 9  | 93,9                  | 43,8 |

Fuente: Encuesta a estudiantes y docentes.  
Realizado por: Los Investigadores

**CALCULO DEL  $\chi^2$**

CUADRO 2.23  
 CÁLCULO DEL  $\chi^2 = \frac{(fo-fe)^2}{fe}$

| Nº | Fo  | Fe   | (fo-fe) | (fo-fe) <sup>2</sup> | $\chi^2 = \frac{(fo-fe)^2}{Fe}$ |
|----|-----|------|---------|----------------------|---------------------------------|
| 1  | 135 | 93,9 | 41,1    | 1.689,21             | 18,0                            |
| 2  | 18  | 43,8 | -25,8   | 665,64               | 15,2                            |
| 3  | 142 | 93,9 | 48,1    | 2.313,61             | 24,6                            |
| 4  | 11  | 43,8 | -32,8   | 1.075,84             | 24,6                            |
| 5  | 98  | 93,9 | 4,1     | 16,81                | 0,2                             |
| 6  | 55  | 43,8 | 11,2    | 125,44               | 2,9                             |
| 7  | 67  | 93,9 | -26,9   | 723,61               | 7,7                             |
| 8  | 86  | 43,8 | 42,2    | 1.780,84             | 40,7                            |
| 9  | 41  | 93,9 | -52,9   | 2.798,41             | 29,8                            |
| 10 | 112 | 43,8 | 68,2    | 4.651,24             | 106,2                           |
| 11 | 128 | 93,9 | 34,1    | 1.162,81             | 12,4                            |
| 12 | 25  | 43,8 | -18,8   | 353,44               | 8,1                             |
| 13 | 117 | 93,9 | 23,1    | 533,61               | 5,7                             |
| 14 | 36  | 43,8 | -7,8    | 60,84                | 1,4                             |
| 15 | 67  | 93,9 | -26,9   | 723,61               | 7,7                             |
| 16 | 86  | 43,8 | 42,2    | 1.780,84             | 40,7                            |
| 17 | 144 | 93,9 | 50,1    | 2.510,01             | 26,7                            |
| 18 | 9   | 43,8 | -34,8   | 1.211,04             | 27,6                            |
|    |     |      |         | <b>Total</b>         | <b>400,1</b>                    |

Fuente: Encuesta a estudiantes.  
 Realizado por: Los Investigadores

## DECISION ESTADISTICA

CUADRO 2.24

CUADRO DE DECISION ESTADISTICA.

| Y | X <sub>,995</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,99</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,975</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,95</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,90</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,75</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,50</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,25</sub> <sup>2</sup> | X <sub>,10</sub> <sup>2</sup> |
|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 7,88                           | 6,63                          | 5,02                           | 3,84                          | 2,71                          | 1,32                          | 0,455                         | 0,102                         | 0,01                          |
| 2 | 10,6                           | 9,21                          | 7,38                           | 5,99                          | 4,61                          | 2,77                          | 1,39                          | 0,575                         | 0,21                          |
| 3 | 12,8                           | 11,3                          | 9,35                           | 7,81                          | 6,25                          | 4,11                          | 2,37                          | 1,21                          | 0,58                          |
| 4 | 14,9                           | 13,3                          | 11,1                           | 9,49                          | 7,78                          | 5,39                          | 3,36                          | 1,92                          | 1,06                          |
| 5 | 16,7                           | 15,1                          | 12,8                           | 11,1                          | 9,24                          | 6,63                          | 4,35                          | 2,67                          | 1,61                          |
| 6 | 18,5                           | 16,8                          | 14,4                           | 12,6                          | 10,6                          | 7,84                          | 5,35                          | 3,45                          | 2,20                          |
| 7 | 20,3                           | 18,5                          | 16,0                           | 14,1                          | 12,0                          | 9,04                          | 6,35                          | 4,25                          | 2,83                          |

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8 | 22,0 | 20,1 | 17,5 | 15,5 | 13,4 | 10,2 | 7,34 | 5,07 | 3,49 |
| 9 | 23,6 | 21,7 | 19,0 | 16,9 | 14,7 | 11,4 | 8,34 | 5,90 | 4,17 |

Fuente: Estadística de Schaum.  
Realizado por: Los Investigadores.

$$Xc^2=400,1$$

$$Xt^2= 15,5$$

$$Xt^2 < Xc^2$$

$$15,5 < 400,1$$

Una vez determinado el  $Xt^2$  y el  $Xc^2$  se establece que el  $Xt^2$  es menor al  $Xc^2$  es decir 15,5 es menor a 400,1 por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la Hipótesis alternativa  $H_1$  que dice: La elaboración e implementación de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA SI influye significativamente en el correcto funcionamiento de los mismos, evitará mal uso y accidentes en su operatividad.

### CAPITULO III

### PROPUESTA DE ELECTRO LABORATORIO.

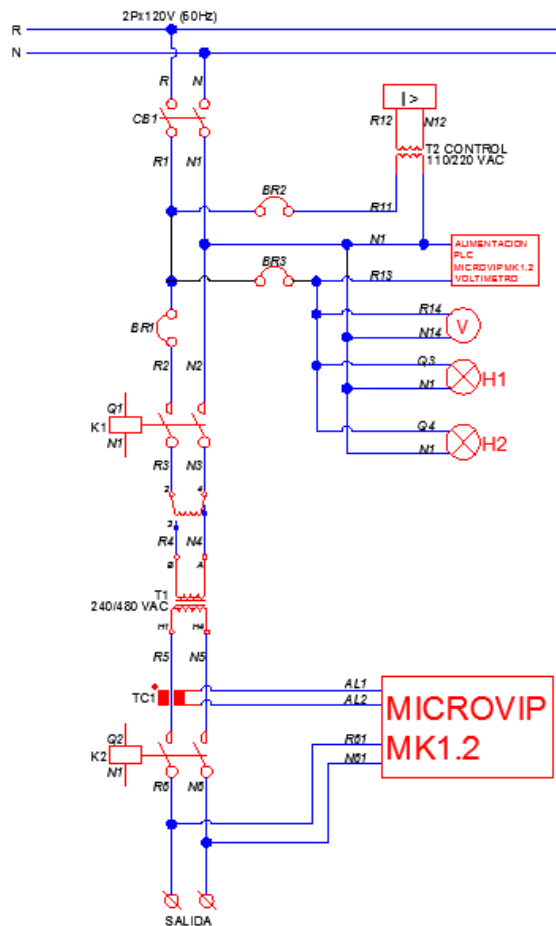


### **3.1. CONSTRUCCION DEL MODULO DE PRUEBAS DE PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25KVA (ELECTRO LABORATORIO)**

#### **3.1.1. MONTAJE DEL MODULO DE PRUEBAS.**

En lo referente a la construcción del módulo de pruebas se presenta su diagrama de fuerza (Figura 3.1) tomado de la tesis “Diseño de un módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución y potencias de hasta 25kVA”, donde se indica la forma de conexión de los diferentes elementos a ser montados:

FIGURA 3.1  
DIAGRAMA DE FUERZA DEL MODULO DE PRUEBAS.



Fuente: Tesis Universidad Técnica de Cotopaxi.  
Realizado por: Los Investigadores

La conexión del VARIAC (Autotransformador Variable), está dada en el primario por el Contactor principal de entrada K1, mientras que el secundario está conectado al transformador de aislamiento de 5kVA, 240/480VAC.

El Contactor K1 de entrada protege al VARIAC sus especificaciones son las siguientes:

Contactor 2Px50A – 120/240 VAC.

En el VARIAC se usa los terminales 2 y 4 para la conexión correspondiente a la entrada de voltaje a 120VAC y 60 Hz; la conexión se lo hace desde los cables marcados como R3 y N3 los cuales vienen de la salida del Contactor K1 e ingresan al VARIAC a través de los terminales 2 y 4. Los cables de salida del VARIAC se conectan a los terminales 3 y 4, que corresponden a la salida variable de 0 a 240 V,

esta salida se la nombra como R4 y N4 respectivamente. En la figura 3.2 se explica de manera gráfica el montaje del VARIAC:

FIGURA 3.2  
MONTAJE DEL VARIAC.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

### 3.1.2. MONTAJE DEL SISTEMA PARA CONTROL DEL VARIAC.

La variación de voltaje del Variac está constituida por un sistema manual, formado por un volante el mismo que al girarlo incrementa o disminuye la tensión dando así un voltaje variable de 0 a 240V.

FIGURA 3.3  
VOLANTE DE GIRO PARA VARIACION MANUAL DE VOLTAJE.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

### **3.1.3. MONTAJE DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.**

El transformador, se encuentra conectado a la salida del VARIAC la cual se identifica con los cables R4 y N4.

En paralelo a la salida del transformador (terminales R5 y N5), tenemos dos líneas con la identificación AL1 y AL2 las cuales se conectan a través del transformador de corriente TC1 al MICROVIP MK1.2, dispositivo que se encarga de procesar las señales eléctricas y mostrar en pantalla los valores de las pérdidas, voltajes, corrientes, etc.

El transformador tiene cuatro terminales de conexión, dos para la fase R de entrada y salida y dos para la fase N de entrada y salida, a los terminales de entrada se conectan las fases R4 y N4, y a los terminales de salida se conectan las fases identificadas como R5 y N5.

FIGURA 3.4.  
TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO 240/480VAC.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

#### **3.1.4. MONTAJE DEL ANALIZADOR DE ENERGIA.**

El analizador de energía MICROVIP MK1.2, es un analizador de señales eléctricas que muestra el valor de las pérdidas obtenidas de los ensayos en vacío y cortocircuito, a través de los valores inducidos (corriente y/o voltaje), las mismas que son procesadas y mostradas en una pantalla como se muestra en la figura.

FIGURA 3.5  
ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGIA MICROVIP MK1.2



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

FIGURA 3.6.  
PANTALLA DEL MICROVIP MK1.2



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

La señal de voltaje es tomada a la salida del contactor K2, de las líneas identificadas como R6 y N6.

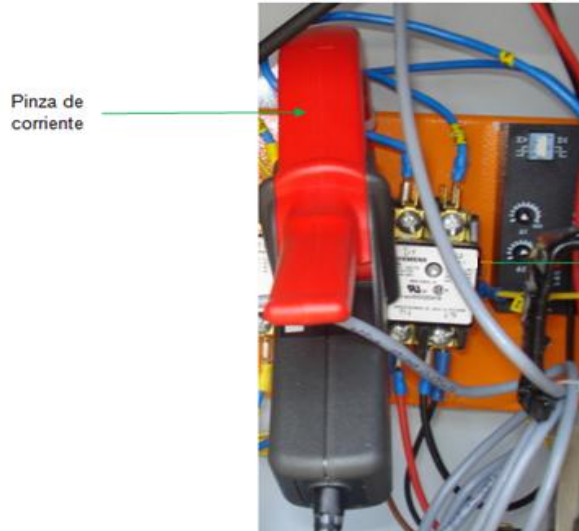
La señal de corriente el MICROVIP la adquiere a través de una pinza amperimétrica (propia del analizador), que se encuentra conectada a la salida del transformador elevador T1, al conductor identificado como R5 de tal manera que pueda manejar los parámetros directos.

La pinza amperimétrica posee las siguientes características:

Voltaje: 600 VAC.

Corriente: 1000 Amp.  
Marca: ELCONTROL.  
Serie: C107 EL.

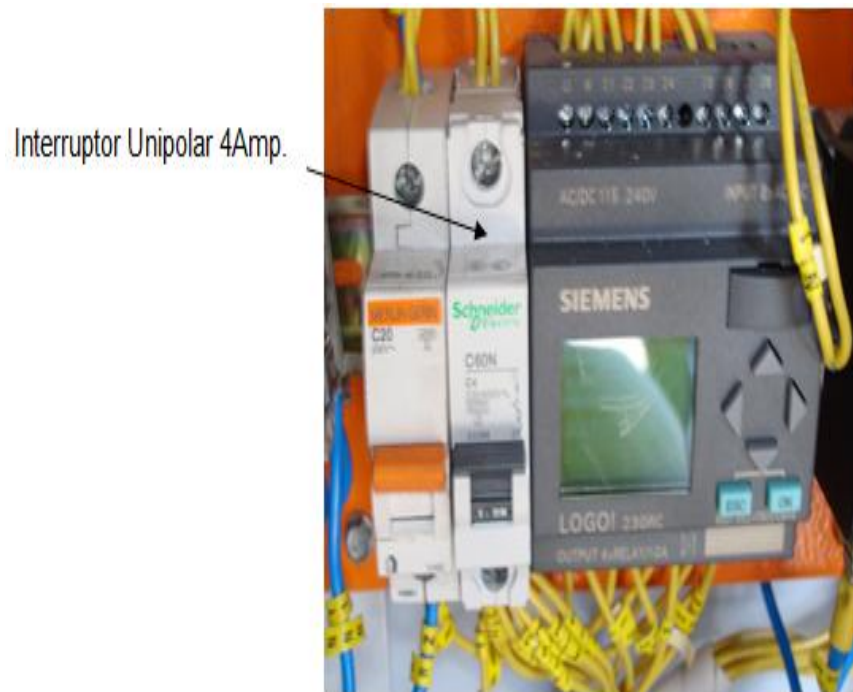
FIGURA 3.7  
PINZA AMPERIMETRICA.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

La alimentación para el analizador de energía es de 120 VAC, tomados de las líneas principales R13 y N1, la protección del analizador, logo, y voltímetro digital, está dada por un interruptor termomagnético BR2, de 4 Amperios, la salida de la línea a través del breaker se identifica como R1.

FIGURA 3.8  
PROTECCION DEL ANALIZADOR, VOLTIMETRO Y LOGO.



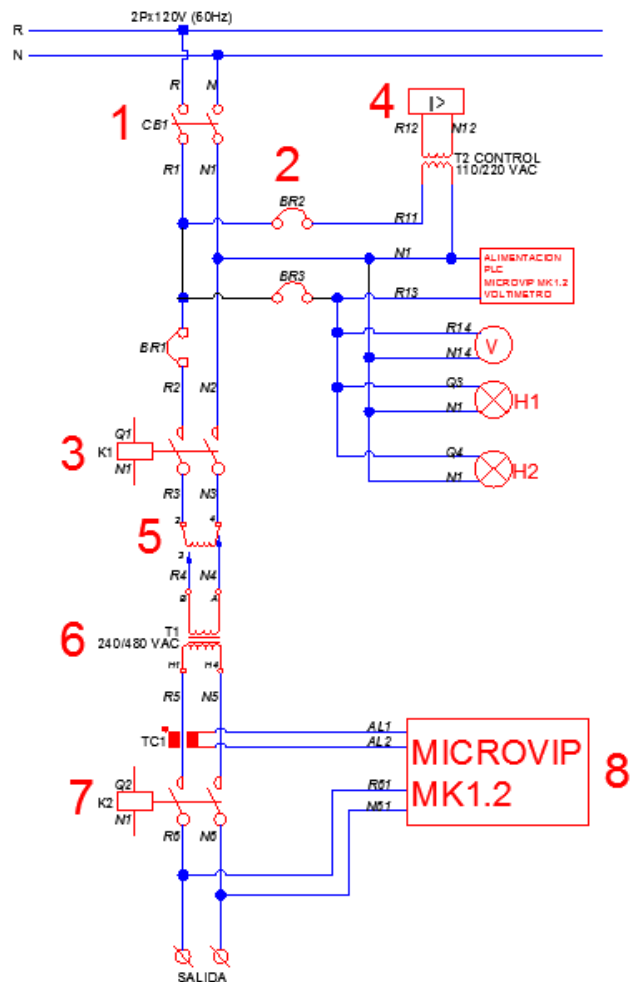
Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

### **3.1.5. ACOPLAMIENTO DEL VARIAC, TRANSFORMADOR Y PROTECCIONES.**

El acoplamiento de los elementos correspondientes al módulo de pruebas de pérdidas en vacío y cortocircuito de transformadores monofásicos de distribución se lo realiza de acuerdo al diagrama de fuerza, por lo tanto se numerará los elementos para detallar los mismos (Figura 3.9).

FIGURA 3.9  
REFERENCIA PARA ACOPLAMIENTO DEL VARIAC, TRANSFORMADOR Y PROTECCIONES.





Fuente: Personal.  
 Realizado por: Los Investigadores

1. Elemento de energización (Figura 3.10).

Detalle:

Switch de servicio CB1.

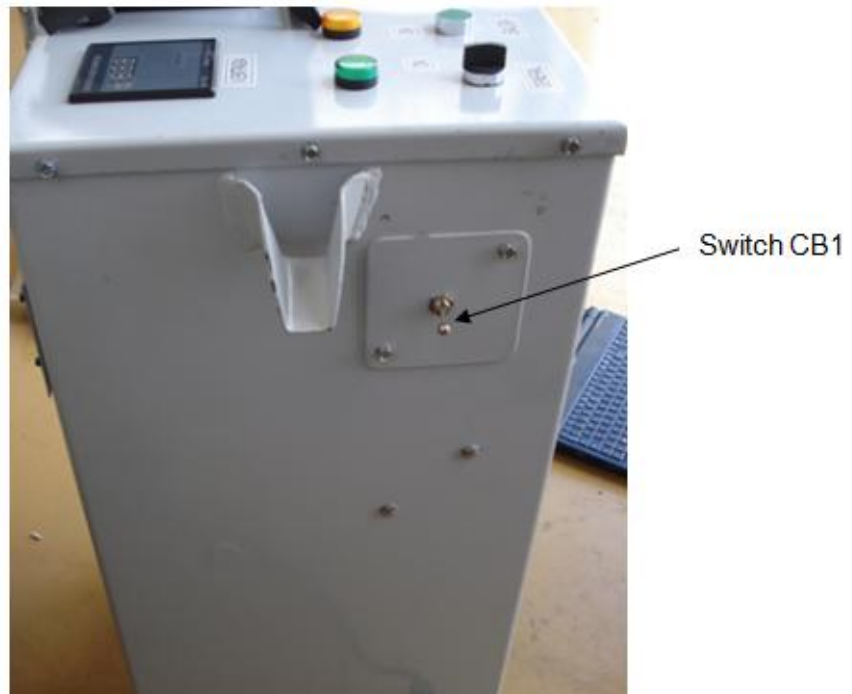
Conexión:

Entrada R y N.

Salida R1 y N1 (hacia el contactor K1)

FIGURA 3.10

SWITCH DE SERVICIO.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

## 2. Elementos de protección (Figura 3.11).

Detalle:

Interruptores termomagnéticos unipolares BR1 y BR2.

BR1 (Protección general):

Corriente: 20A

Voltaje: 120V

Marca: MerlinGerin

BR2 (Protección analizador, logo y voltímetro):

Corriente: 4A

Voltaje: 120V

Marca: Schneider

Conexión:

BR1:

Entrada R1 (salida CB1)  
Salida R2 (hacia contactor K1).

BR2:  
Entrada R1 (salida CB1)  
Salida R11 (hacia relé de sobrecorriente I>).

FIGURA 3.11

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS UNIPOLARES (BR1Y BR2).



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores.

### 3. Elemento de maniobra K1 (Figura 3.12).

Detalle:  
ContactorK1 (Energiza fuente).  
Corriente: 1Px55A  
Voltaje: 120VAC  
Marca: Siemens  
Categoría No.:45GG20AFB

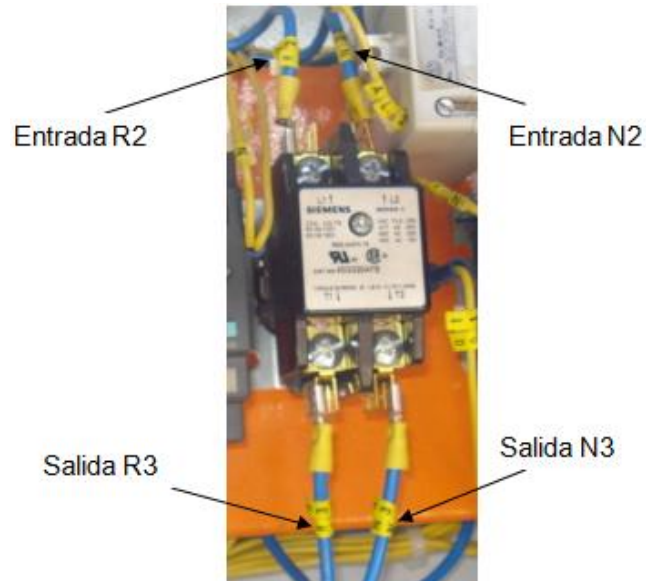
Conexión:

Entrada R2 y N2 (salida CB1).

Salida R3y N3 (hacia el VARIAC).

FIGURA 3.12

CONTACTOR K1.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

4. Elemento de protección (Figura 3.13).

Detalle:

Relé de sobrecorriente(I>)

Marca: ABB

Categoría No.: ECS60BG

Conexión:

Entrada R12 y N12 (salida delTransformador de Control T2).

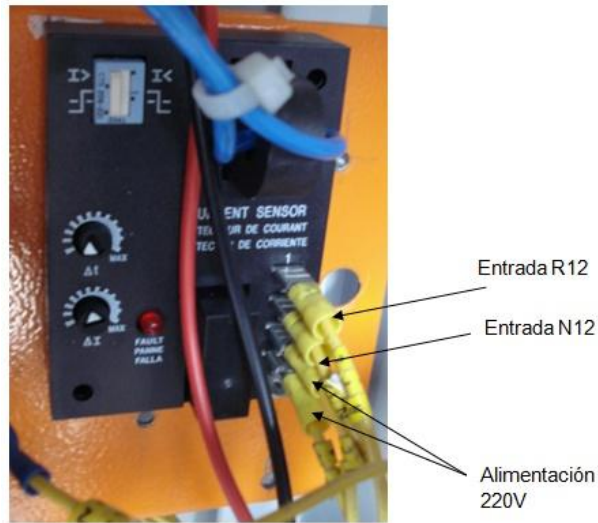
Alimentación:

Voltaje: 220V

Terminales : R12 y N12.

FIGURA 3.13

RELE DE SOBRECORRIENTE.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores.

#### 5. VARIAC 0-240 VAC (Figura 3.14).

Conexión:

Entrada:

R3 y N3 (salida de K1).

Conectado a terminales del VARIAC 2 y 4.

Salida: R4 y N4 (hacia Transformador T1)

Conectado desde terminales del VARIAC 3 y 4.

FIGURA 3.14  
VARIAC.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores.

## 6. TRANSFORMADOR (Figura 3.15).

Características:

Voltajes: 240 / 480 V

Corrientes: 28 / 14 Amp

Potencia: 5kVA

Conexión:

Entrada:

R4 y N4 (salida de VARIAC)

Conectado a terminales del primario del Transformador (B, A).

Salida:

R5 y N5 (hacia el contactor K2).

Conectado desde los terminales del secundario del Transformador (H1, H4).

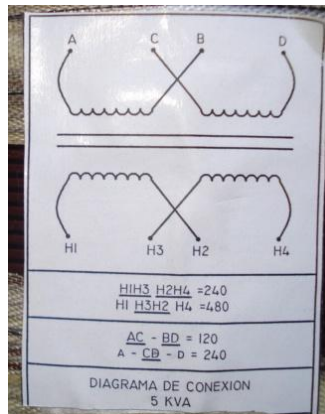
FIGURA 3.15

### TRANSFORMADOR ELEVADOR.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores.

FIGURA 3.16  
DIAGRAMA DE CONEXION.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

### 7. Elemento de maniobra K2 (Figura 3.17).

Detalle:

Contactador K2 (Energiza la carga).

Corriente: 1Px55A

Voltaje: 120VAC

Marca: Siemens

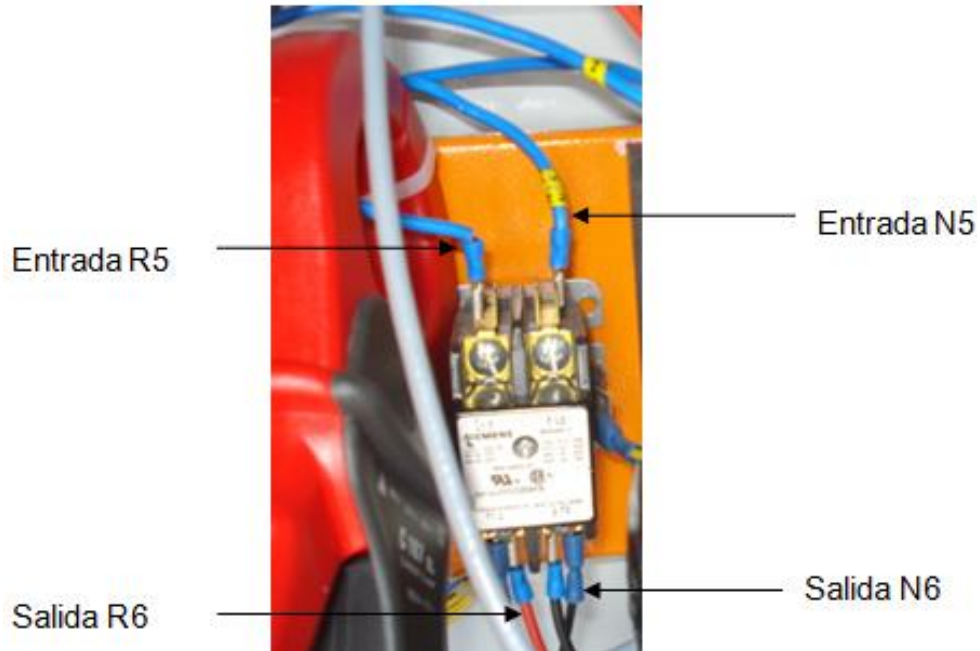
Categoría No.:45GG20AFB

Conexión:

Entrada R5 y N5 (Salida del transformador T1).

Salida R6y N6.

FIGURA 3.17  
CONTACTOR K2.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

#### 8. Analizador de Energía MICROVIP MK1.2 (Figura 3.18).

Detalle:

Voltaje de alimentación: 100 – 120 VAC

Corriente Ajustable: 12-36-120-360-1200 Amp. (Selección a 12Amp).

Potencia: 4VA.

Marca: ELCONTROL

Serie: 16287.

Conexión:

Usa dos señales:

Voltaje: Directamente de la red a través de los terminales R6 y N6.



Corriente: A través de una pinza de corriente conectada al conductor R5 (Entrada del contactor K2).

FIGURA 3.18  
ANALIZADOR DE ENERGIA - VISTA FRONTAL Y POSTERIOR.



Fuente: Personal.  
Realizado por: Los Investigadores

### 3.2. HOJAS GUIAS DE INFORME.

Los ensayos prácticos realizados con el módulo de pruebas, presentan los valores de pérdidas en el cobre, hierro y totales de los transformadores, los datos obtenidos se muestran en el Anexo Seis, y fueron realizados en transformadores de 5, 10,15 y 25 KVA.

### **3.3. MANUAL DE USUARIO.**

Detalla en forma clara y ordenada los pasos a seguir para operar de forma segura y adecuada el módulo de pruebas implementado, citando además conceptos básicos, normas de seguridad a seguir y una breve descripción de la norma INEN 2114 (Ver Anexo 3).

### **3.4. PRACTICAS DE LABORATORIO.**

En la presente sustentación se enfocará básicamente a la prueba de cortocircuito y prueba de circuito abierto, donde el estudiante con la ayuda de las hojas guía de laboratorio podrá efectuar los ensayos en el módulo de pruebas de pérdidas en vacío y corto circuito de transformadores monofásicos de distribución de hasta 25KVA, para garantizar su correcta aplicación, en el Anexo 4 se presentan las prácticas a ser realizadas por los estudiantes.

Cabe resaltar que en los anexos se exponen 2 prácticas de laboratorio una en vacío y otra en cortocircuito para un transformador de distribución de 3kVA, no es necesario detallar las 8 prácticas restantes ya que el procedimiento para los 2 ensayos es el mismo para los transformadores de distribución de 5,10,15 y 25 kVA.

## **3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **3.5.1 CONCLUSIONES.**

- Se elaboró e implementó un módulo de pruebas de transformadores monofásicos de distribución, cuyos resultados obtenidos al realizar los ensayos en vacío y cortocircuito cumplen con los requerimientos de la norma INEN 2114.

- La corriente máxima que proporciona el módulo de pruebas es de 3.5 Amperios, mientras que el valor de voltaje suministrado es hasta 240 VAC.
- El analizador de energía Microvip MK 1.2, instalado en el módulo de pruebas de transformadores ofrece un interfaz hombre/máquina amigable, permitiendo al operador en forma manual y segura setear los voltajes ó corrientes requeridos de acuerdo al tipo de ensayo y visualizar directamente en su pantalla los valores de las pérdidas del transformador.
- Si los transformadores probados en el módulo cumplen con los valores de pérdidas permitidos por la norma INEN 2114, pueden ser puestos al servicio de la red pública con seguridad y eficiencia.
- El talento humano de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica complementará sus conocimientos al tener la oportunidad de ejecutar en forma práctica los ensayos, realizando un aprendizaje integral y de calidad durante su carrera profesional.

### **3.5.2 RECOMENDACIONES.**

- Antes de la ejecución de los ensayos en el módulo, el estudiante deberá revisar el manual de usuario y tener conocimiento claro de la norma INEN 2114.
- Al ser la corriente máxima de suministro del módulo 3.5 Amperios, se recomienda usar el equipo en transformadores monofásicos de hasta 25 kVA, debido que para potencias superiores la corriente del módulo es insuficiente.
- Antes de encender el módulo verificar que en el selector ubicado en la parte posterior del MICROVIP MK 1.2, la corriente seleccionada sea 12 Amperios.
- Se recomienda que en los transformadores a probar se adjunte el protocolo de pruebas del fabricante (ECUATRAN, INATRA, etc.), de esta manera se podrá contrastar con mayor veracidad y confiabilidad los resultados obtenidos, si no existiesen los protocolos del fabricante remítase a la norma INEN 2114.

- Los estudiantes y personal técnico encargado del equipo deben cumplir con las normas de seguridad en el laboratorio de ensayos, para evitar accidentes y daño del equipo.
- Tanto estudiantes como el personal técnico asignado para el manejo del electro laboratorio debe tener obligatoriamente conocimiento de las cinco reglas de oro de seguridad frente a riesgos eléctricos, las cuales detalla a continuación:
  - “1. Desconectar la parte de la instalación en la que se va a trabajar aislándola de todas las posibles fuentes de tensión.
  2. Prevenir cualquier posible realimentación, preferiblemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
  3. Verificar la ausencia de tensión en todos los elementos activos de la zona de trabajo.
  4. 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.
  5. Proteger la zona de trabajo frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitarla”.<sup>9</sup>

### **3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

#### **3.6.1. BIBLIOGRAFIA CITADA.**

- Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13  
Página 618.

---

<sup>9</sup> <http://www.ictp.csic.es/intranet/prl/21.BAJA%20TENSION.pdf>

- Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13  
Página 619.
- Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13  
Página 622.
- Irving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Capítulo 13  
Página 623.
- <http://rincondelvago.com/riesgos-electricos.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Empresa>
- Norma Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.) y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02. Apartado 1.
- Norma Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.) y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 02. Apartado 2.
- <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>
- Norma NTE INEN 2114:2003, Transformadores de distribución.
- <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>

### **3.6.2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.**

- ARCHER E. KNOWLTON, STANDARD HANBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS, Octava Edición; Mc. Graw -Hill, U.S.A., 1949.
- DONALD G. FINK, H. WAYNE BEATY, MANUAL DE INGENIERIA ELECTRICA, Décima Tercera Edición, Mc Graw-Hill, México, 1996.
- ENCICLOPEDIA CEAC DE ELECTRICIDAD, ESTACIONES DE TRANSFORMACION Y DISTRIBUCION. PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS, Décimo Primera Edición, CEAC, España, 1985

- JOHN J. GRANYER, WILLIAM D. STEVENSON Jr., ANALISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA, Primera Edición Español, Mc. Graw-Hill, México, 1996.
- KOSOW, “MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES”, Segunda Edición, Prentice Hall Publishing, U.S.A, 1972
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2110-1998, Primera Edición
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2111-2003, Primera Revisión
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2113-1998, Primera Edición
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2114-2003, Segunda Revisión
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2131-2003, Primera Revisión
- NORMA TECNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2138-2003, Primera Revisión.

### **3.6.3. ENLACES INTERNET.**

- <http://rincondelvago.com/riesgos-electricos.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Empresa>
- <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>
- <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf>
- <http://www.primeelectronics.com.au/datasheets/data/Elcontrol/Analysers%20Catalogue.pdf>
- [http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke-175\\_notas.pdf](http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke-175_notas.pdf)
- <http://www.ctmetal.es/CC/jsp/Portal/DetalleFondoDoc2.jsp?cs=130102&mo=0&ce=CTMETAL&cr=187110>

- [http://www.hellermannntyton.es/documents/5000/HT\\_ES\\_Chapter7.2.pdf](http://www.hellermannntyton.es/documents/5000/HT_ES_Chapter7.2.pdf)
- <http://www.ictp.csic.es/intranet/prl/21.BAJA%20TENSION.pdf>