



1859

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD

#### TEMA:

### “REPOTENCIACION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA AISLAMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS”

INFORME TÉCNICO PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO DE NIVEL  
SUPERIOR EN LA CARRERA DE  
ELECTRICIDAD.

#### AUTORES:

ORDOÑEZ ORDOÑEZ IVÁN BLADIMIR

NARVAEZ PARDO JONATHAN LEONARDO

#### DIRECTOR:

ING. LUIS ALBERTO YUNGA HERRERA

Loja – Ecuador

# CERTIFICACIÓN

Ing. Luis Alberto Yunga Herrera

**DOCENTE DEL ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA; Y DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO.**

## **CERTIFICA:**

Haber dirigido, asesorado y corregido el presente trabajo de investigación titulado **“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA AISLAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.”**, previo a la obtención del Título de Tecnólogo a nivel Superior en la carrera de Electricidad, desarrollado por los señores: Iván Bladimir Ordóñez Ordóñez y Jonathan Leonardo Narváez Pardo, el mismo que cumple con los requisitos de grado exigidos en las Normas de graduación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación ante el tribunal de grado.

Loja, Julio de 2010

Ing. Luis Alberto Yunga Herrera  
**DIRECTOR**

# **AUTORÍA**

Todos los conceptos, opiniones, ideas y resultados vertidos en el siguiente trabajo de investigación son de absoluta responsabilidad de los autores.

**IVAN BLADIMIR ORDOÑEZ ORDOÑEZ.**

**JONATHAN LEONARDO. NARVAEZ PARDO.**

# **DEDICATORIA**

El presente trabajo le dedico a mis queridos padres, tíos, hermanos y a todos aquellos quienes supieron apoyarme en todo momento, con su sacrificio hacen posible el logro de mi superación y así lograr la meta de ser un buen profesional.

**IVAN BLADIMIR ORDOÑEZ ORDOÑEZ**

Este trabajo lo dedico especialmente a mis padres y a toda mi familia, quienes me supieron apoyar en cada momento con su esfuerzo hacen posible la culminación de mi carrera.

**JONATHAN LEONARDO NARVAEZ PARDO**

# **AGRADECIMIENTO**

Extendemos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a los docentes de la carrera de Electricidad quienes formaron parte de nuestra formación profesional.

Así mismo al Ing. Luis Alberto Yunga Herrera, por su orientación y gran apoyo brindado durante la ejecución del presente trabajo investigativo, y a todas las personas que han colaborado para culminar nuestra formación universitaria.

## **LOS AUTORES**

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tiene como objeto Repotenciar un Banco de Pruebas para Aislamiento de Motores Eléctricos. Debido a que el control de aislamiento de los devanados de motores eléctricos es un aspecto de extrema importancia dentro del mantenimiento de estas máquinas, proponemos que el presente trabajo tenga la aplicación para el chequeo de devanados sin que estos estén necesariamente averiados.

Se implementó instrumentos de la más alta tecnología los cuales servirá de una manera satisfactoria para la lecturación de medidas eléctricas y al correcto aprendizaje de los estudiantes del área.

Otro aspecto que impulso a la realización del banco de pruebas mencionado es que sirva como elemento didáctico; pues además de las condiciones descritas, es posible una visualización del efecto denominado arco eléctrico, pese a que la intensidad que existe en el bobinado secundario es reducida por el medio voltaje, como se he indicado, que va de los 1000 a 2000 voltios.

Este trabajo también esta compuesto por diferentes prácticas las cuales están diseñadas para el correcto uso y aprendizaje de lo estudiantes que se están formando en el Área.

## **ABSTRACT**

This research work aims at repowering a Test Bench for Electric Motor Insulation. Because the control winding insulation of electric motors is a matter of extreme importance in the maintenance of these machines, we propose that this work is the application for the winding check that these are not necessarily damaged.

Instruments was implemented the latest technology which will serve satisfactorily for the electrical measurements lecturación and correct learning of students in the area.

Another aspect that boost the performance of the benchmark above is to serve as a didactic element, as well as the conditions, it is possible to visualize the effect called electric arc, although the intensity that exists in the secondary winding is reduced by the medium voltage, as I indicated, ranging from 1000-2000 volts.

This work is also composed of different practices which are designed for the proper use and learning of students who are training in Area

# INDICE GENERAL

## CONTENIDO

	<b>PÁG.</b>
Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice.....	vi
Tema.....	8
I. Introducción.....	9
II. Descripción Técnica y Utilidad.....	11
2.1 Voltímetro de Tensión Media.....	12
2.2 Comprobador de Inducidos.....	12
2.3 Señal Luminosa.....	13
2.4 Señal Acústica.....	13
2.5 Multímetro Digital Trifásico DMK 16.....	14
2.6 Puntas de Prueba.....	17
2.7 Sistema de Control de Tensiones del Secundario del Transformador.....	18
2.8 Transformador de Tensión Media.....	19
2.9 Reactancia o Balastro.....	19
2.10 Fuente de Poder.....	20
2.11 Breaker Trifásico.....	20
2.12 Tomas de Corriente.....	21
2.13 Mando y Señalización del Transformador de Media Tensión.....	21
2.14 Transformador de Corriente (TC) de 50/5A.....	22



III. Materiales.....	24
IV. Proceso Metodológico Empleado.....	25
V. Resultados.....	27
Práctica 1.....	27
Práctica 2.....	32
Práctica 3.....	36
Práctica 4.....	40
Práctica 5.....	44
Práctica 6.....	48
VI. Conclusiones.....	50
VII. Recomendaciones.....	51
VIII. Bibliografía.....	53
IX. Anexos.....	55
Anexo 1. Esquema Eléctrico del Transformador de Media Tensión (Circuito de Fuerza).....	55
Anexo 2. Circuito de Control del Transformador de Media Tensión.....	56
Anexo 3. Circuito de Señalización del Tablero de Control.....	57
Anexo 4. Conexión del Multímetro Trifásico DMK 16.....	58
Anexo 5. Diferentes Conexiones del Multímetro Trifásico DMK 16.....	59
Anexo 6. Fotografía del Tablero Anterior y del Repotenciado...	60

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
AISLAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.”**

# I. INTRODUCCIÓN

Para la realización del presente tema investigativo, se ha tomado como elemento referencial, la necesidad de contar en el taller eléctrico, con un banco de pruebas que tenga la capacidad suficiente para verificar y probar el aislamiento de las bobinas de motores eléctricos, en forma técnica y práctica. En el taller hay uno existente, pero se encuentra en un estado obsoleto, para el cual se realizó la respectiva repotenciación.

Como elemento básico para el funcionamiento del banco de pruebas, se encuentra el transformador de media tensión, su actividad está destinada a comprobar el estado de aislamiento en los bobinados de motores eléctricos en mantenimiento.

El objeto de mejorar este banco, es que el taller cuente con un equipo apropiado para la verificación de averías y daños en las bobinas de un motor eléctrico, además cuenta con un multímetro digital trifásico de última tecnología que sirve para realizar las verificaciones de magnitudes en las máquinas eléctricas.

En este trabajo se explica el funcionamiento del banco de pruebas, su construcción, elementos constitutivos, tipos de conexiones realizadas, y las diferentes pruebas que se pueden realizar en los distintos motores.

A los elementos existentes en el tablero anterior se procedió a ejecutar una minuciosamente inspección, viendo la necesidad de cambiar algunos y a otros se les realizó un debido mantenimiento para su correcto funcionamiento.

Para la operación del equipo se recomienda tomar las debidas precauciones del caso, pese a que se encuentra con la respectiva señalética preventiva.

El tablero cuenta con un Multímetro Trifásico DMK 16 Marca Lovato, proporciona medidas de tensión, corriente, potencia, factor de potencia, energía, tiempo de funcionamiento y memorización de los valores máximos y mínimos, está conectado con transformadores de corriente con relación de 50 /5 A.

Las prácticas se encuentran elaboradas, mediante una guía, para que los alumnos operen de una manera sencilla y rápida el tablero, lo que repercutirá en una apropiación mejor de los conocimientos.

En conclusión lo que se aspira es que los estudiantes conozcan el funcionamiento de cada uno de los elementos, armando distintos circuitos o esquemas descritos en la guía de prácticas pudiendo realizar mediciones de voltaje, corriente y potencia, beneficiando en todos los ámbitos a las personas que tienen relación directa o indirecta en el Área.

Para la elaboración del presente trabajo investigativo nos planteamos los siguientes objetivos:

- Analizar y verificar los desperfectos que tiene el banco de pruebas para aislamiento de motores eléctricos.
- Reemplazar los elementos en mal estado por unos nuevos de última tecnología.

## II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD

Para empezar la reconstrucción del tablero didáctico, se tomó como referencia el anterior, el mismo que estaba en estado obsoleto. Se construyó un nuevo tablero más cómodo para realizar con facilidad las respectivas prácticas en los diferentes motores.

El tablero está diseñado para la realización de prácticas de aislamiento, continuidad y la verificación de fallas y averías que pueden existir en los motores eléctricos. Las dimensiones son: 0.50 m de largo por 0.50 m de ancho, su altura es de 1.30 m. se lo fabricó de madera porque sobre él se montarán motores y puedan soportar su peso.



*Figura 2.1. Banco de Pruebas*

## 2.1 VOLTÍMETRO DE TENSIÓN MEDIA

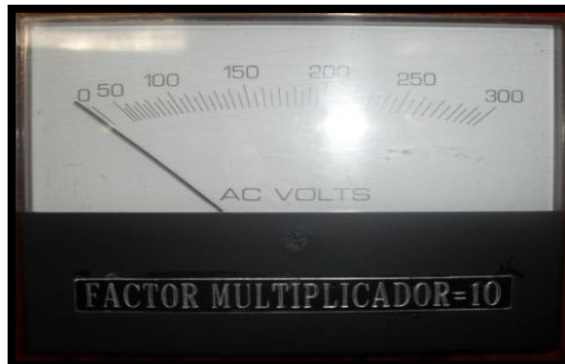


Figura 2.2. Voltímetro analógico

Se utilizó un voltímetro analógico con escala de 0 a 300 voltios, donde se conecto dos resistores en serie una de 470 K $\Omega$ /2W y la otra de 220 K $\Omega$ /2W para obtener el valor de la tensión mediante medición indirecta, este voltímetro tiene factor multiplicador igual a 10 para obtener medición real.

## 2.2 COMPROBADOR DE INDUCIDOS

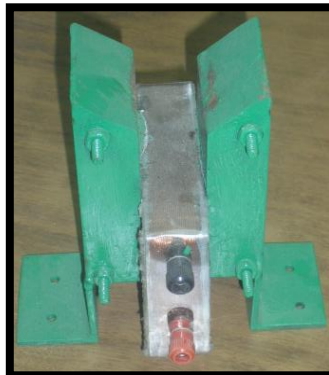


Figura 2.3 Comprobador de inducidos.

El comprobador de inducidos conocido comúnmente, está construido con un núcleo de hierro laminado en forma de U con aristas en ángulo con la finalidad que se pueda alojar rotores de motores para comprobar su

funcionamiento. Al colocar un inducido sobre el zumbador la bobina del mismo funcionará como el primario del transformador y el arrollamiento del inducido actuará como secundario. Este zumbador va conectado a la red de corriente alterna, este al ser alimentado nos indica mediante vibración si existe la presencia de fallas en el rotor del motor, fallas que en lo general puede ser: contactos a masa del arrollamiento o del colector.

### 2.3 SEÑAL LUMINOSA



*Figura2 .4. Señal Luminosa.*

Este funciona a 120V/60Hz, el neutro se conecta directo y la fase va en serie con los devanados de los motores eléctricos. Este es utilizado para realizar pruebas de continuidad en los bobinados del motor.

### 2.4 SEÑAL ACÚSTICA



*Figura 2.5. Zumbador*

La señal acústica posee un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que es claramente audible, su voltaje nominal es de 120V/60Hz. Este se utiliza para las pruebas de continuidad y está conectado en serie con los devanados de los motores eléctricos.

## 2.5 MULTIMETRO DIGITAL TRIFASICO DMK 16



Figura 2.6. Multímetro Digital Trifásico Lovato DMK 16

Hoy en día la tecnología avanza más y más es por ello que en el mercado se puede encontrar un sin número de instrumentos digitales de medición eléctrica uno de ellos es el Multímetro Digital Trifásico Marca Lovato DMK 16.

Las características de este multímetro son las siguientes:

- ✓ Dimensiones compactas de 20 cm de largo por 10 de ancho
- ✓ Un Display de LED para una visualización óptima.
- ✓ Simple instalación y configuración
- ✓ Medida del verdadero valor eficaz (TRMS)
- ✓ Memorización de máximos y mínimos.
- ✓ Conexión mediante TC externos.
- ✓ Medida en media tensión a través de transformadores de tensión, mediante programación de la relación TV.
- ✓ Relé de salida programable.




Es un instrumento de versión básica que nos confiere precisión en la toma de medidas, haciendo de este multímetro ventajas técnicas y económicas razonables frente a los tradicionales aparatos de medida analógicos.

Este multímetro visualiza hasta 29 parámetros eléctricos como son:

- ✓ Tensiones: valores de fase, de línea y de sistema.
- ✓ Corriente: valores de línea.
- ✓ Potencia: Activa, Reactiva, Aparente de Fases y Totales.
- ✓ HIGH/LOW: valores instantáneos mínimos y máximos de las tensiones de fase, corrientes de fase, potencia activa total ( $\Sigma W$ ), potencia reactiva total ( $\Sigma var$ ), potencia aparente total ( $\Sigma VA$ ).
- ✓ Frecuencia de tensión medida, etc.

Una vez que se ha dado una breve descripción de este multímetro se procede a dar una explicación de la configuración que se debe realizar para medir los diferentes parámetros eléctricos.

Tabla 2.1. Visualización de las medidas eléctricas

Medidas	LED/DEL
Tensión Fase-Fase L1-L2	L1/L2/V
Tensión Fase-Fase L2-L3	L2/L3/V
Tensión Fase-Fase L3-L1	L3/L1/V
Tensión de fase L1	L1/V
Tensión de fase L2	L2/V
Tensión de fase L3	L3/V
Corriente de línea L1	L1/A
Corriente de línea L2	L2/A
Corriente de línea L3	L3/A
Potencia activa de fase L1	L1/kW
Potencia activa de fase L2	L2/kW
Potencia activa de fase L3	L3/kW
Potencia activa total L1+L2+L3	L1/L2/L3/kW
Potencia reactiva de fase L1	L1 / kvar
Potencia reactiva de fase L2	L2 / kvar
Potencia reactiva de fase L3	L3 / kvar
Potencia reactiva total L1+L2+L3	L1 / L2 / L3 / kvar
Potencia aparente de fase L1	L1 / kVA
Potencia aparente de fase L2	L2 / kVA
Potencia aparente de fase L3	L3 / kVA
Potencia aparente total L1+L2+L3	L1 / L2 / L3 / kVA
Factor de potencia de fase L1	L1 / PF
Factor de potencia de fase L2	L2 / PF
Factor de potencia de fase L3	L3 / PF
Factor de potencia total L1+L2+L3	L1 / L2 / L3 / PF
Frecuencia	Hz
Energía activa total	kWh
Energía reactiva total	kvarh
Cuentahoras de funcionamiento	

- ❖ Pulsar la tecla “1” para moverse rápidamente entre los grupos de medida V-A-Kw, etc.
- ❖ Mediante las teclas “2” y “3” se seleccionan las fases L1-L2-L3. Para las tensiones en cascada se encenderán 2 LED simultáneamente, mientras que para las medidas totales se encenderán los 3 LED (véase la tabla anterior).
- ❖ Cuando se visualizan los contadores de energía y el cuenta-horas, que requieren muchas cifras, el display muestra de manera alternada la

primera y la segunda mitad del cómputo. Cuando se apaga el LED “4”, el display indica las cifras menos significativas, mientras que al encenderse pueden verse las cifras más significativas. Ver anexo 4

Este aparato debe ser instalado por personal capacitado, cumpliendo con las normas vigentes, para evitar daños a personas o cosas. Un interruptor magneto térmico debe ser instalado lo más cerca posible del aparato. Está conectado a través de transformadores de corriente estos protegen las conexiones del multimetro esta fabricados a una escala de 50 a 5 A. El esquema de conexión se encuentra en el anexo 4

## 2.6 PUNTAS DE PRUEBA



*Figura2.7. Puntas de prueba para media tensión*

El transformador de tensión media tiene como elementos adicionales y de mucha importancia dos puntas de prueba, las que se utiliza para aplicar el voltaje obtenido en el secundario del transformador a los bobinados cuyos aislamientos se debe realizar las distintas pruebas. Estas puntas poseen conductor de bujías cuya capacidad de conducción supera los 20000 voltios; para los terminales se utilizó cobre cuyos externos se aguzo en forma de punta de lápiz, estas puntas se encuentran incrustadas en el interior de un mango de los que se utiliza en los taladros eléctricos debidamente acoplados, lo cual brinda una protección a la persona que esté operando.

## 2.7 SISTEMA DE CONTROL DE TENSIONES DEL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR



*Figura 2.8 Circuito de Control*

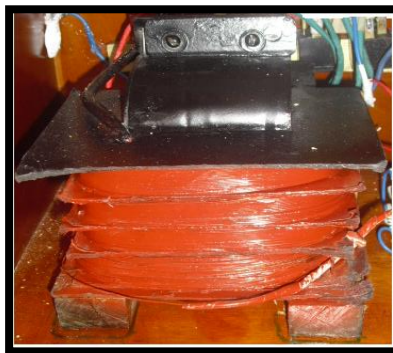
Para alojar los interruptores con enclavamiento mecánico se consiguió perfil de aluminio en forma de C, allí se realizaron seis pequeñas perforaciones rectangulares, en la cuales se introdujo la parte superior del interruptor, este interruptor va asegurado en madera que a su vez va alojado dentro del perfil de aluminio.

Existen espacios suficientes para las conexiones desde las botoneras de enclavamiento mecánico, hacia los relés (KA) y a su vez de estos hacia las derivaciones del primario del transformador, la conexión de dichos interruptores se lo realizó con ponchadores hembras soldando cable flexible numero 20 AWG para evitar quemar sus diferentes conexiones internas, por ser muy sensibles al calor elevado.. El automatismo del transformador de media tensión está diseñado, para que por error o manipulación errónea, al operarlo no se cortocircuiten las distintas derivaciones en el primario del transformador. Ver anexo 2

A cada uno de los diodos LED se les acopló resistencias en serie en el ánodo y el cátodo puentado a tierra. Los interruptores electromecánicos

sirven para seleccionar el voltaje con el que se desee probar los bobinados de los motores y en la parte superior están ubicados los diodos LED de color verde (C5) y rojo (C2) que señalizan el funcionamiento y reposo del transformador *secundario*. Ver anexo 3.

## 2.8 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN MEDIA



*Figura 2.9. Transformador de media Tensión*

Su principio de funcionamiento se fundamenta en las leyes del magnetismo. El primario de este transformador se alimenta a la red de 120 voltios, obteniéndose en las secundarias tensiones que van desde los 1000 a los 2000 voltios, con intensidades bajas, del orden de 2 amperios. Su esquema se encuentra en anexo 1.

## 2.9 REACTANCIA O BALASTRO



*Figura 2.10. Reactancia o Balastro.*

La reactancia (XL) está conectada en serie con el secundario del transformador de media tensión y su función es reducir la intensidad de salida, lo cual se logra en un margen de 0 hasta 1 amperio, variación

que tiene directa relación con el voltaje que desee operar en el secundario. A esta reactancia se encuentra conectada un zumbador (Z) en paralelo, cuya función es denunciar el cortocircuito de los devanados de los motores que se están probando.

## 2.10 FUENTE DE PODER



Figura 2.11. Fuente de Poder

La fuente de poder reductora con relación 120 voltios a 12 voltios tiene un puente rectificador de corriente alterna a corriente continua, que a la vez alimenta los diodos LED que sirven de señalización de encendido (C2) y apagado (C5) de los interruptores de enclavamiento mecánico (P) de control del transformador de mediana tensión. La fuente de poder además alimenta los seis relés (KA) que activan los cambios de tensión en el secundario del transformador de media tensión.

## 2.11 BREAKER TRIFASICO



Figura 2.12. Breaker Termo-magnético trifásico

Este elemento se colocó para proteger el circuito eléctrico del banco, causados por sobrecarga o corto circuito, el mismo que es Termo-magnético

Tripolar marca Siemens de 10 A y soporta una tensión de 380V de corriente alterna.

## 2.12 TOMA DE CORRIENTE

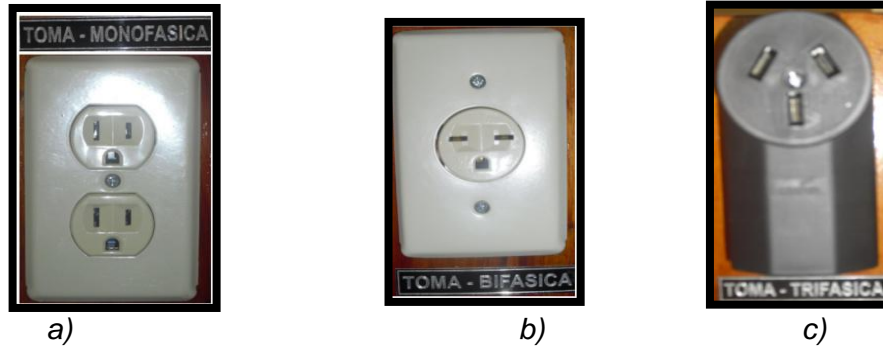


Figura 2.13. Tomas de corriente: a) Monofásica, b) Bifásica y c) Trifásica

Se implementó tomas de corriente monofásica, bifásica y trifásica con el fin de facilitar las diferentes prácticas que se pueden realizar, a su vez podemos comprobar sus magnitudes eléctricas, las misma que pasan por el sistema de medición del multímetro.

## 2.13 MANDO Y SEÑALIZACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE MEDIATENSIÓN



Figura 2.14. Interruptor simple y Luz piloto

Este interruptor simple sirve para alimentar el transformador de media tensión, su voltaje nominal es a 120V/5A, además se implementó una Luz piloto la cual nos indica el encendido de los transformadores.

#### **2.14 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC) DE 50/5 A.**

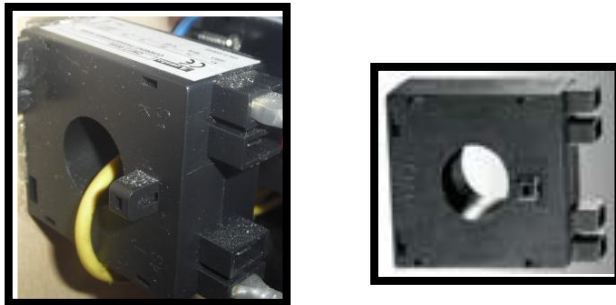


Figura 2.15. Transformador de Corriente

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de línea y reducirla a un nivel seguro y medible. Normalmente estos dispositivos tienen una impedancia muy baja que prácticamente mantiene el TC en condiciones de cortocircuito en el secundario.

Los valores nominales de los Transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser 600/5, 800/5, 1000/5. Los valores nominales para este tipo de TC son de 50A/5A.

Los transformadores de corriente (TC) de la serie DM se emplean en las instalaciones eléctricas para reducir la corriente primaria a un valor secundario de 5A, compatible con la entrada de corriente de los multímetros digitales o relés de protección.

No cuentan con bobinado primario y se utilizan generalmente para altos valores de corriente primaria (a partir de 40A). La cantidad de vueltas del



cable primario no afecta las características de precisión, pero reduce el valor de la corriente primaria a equivalencia de corriente secundaria.

Los múltiples usos de los transformadores de corriente han hecho que se encuentre en las aplicaciones en donde se requiera medir corriente a diferentes niveles de corriente, como por ejemplo en líneas de transmisión, etc.

### **Características de empleo**

- ✓ Frecuencia de operación: 40/60Hz.
- ✓ Corriente en el secundario: 5 A.
- ✓ Sobrecarga permanente: 120%  $I_p$ .
- ✓ Tensión de aislamiento  $U_i$ : 720V.
- ✓ Intensidad dinámica nominal  $I_{dyn}$ : 2,5 $I_{th}$  por segundo.

### III. MATERIALES

Los materiales que utilizamos para la construcción y realización de prácticas de este tablero didáctico son los siguientes:

- Un Voltímetro de tensión media.
- Un Comprobador de rotores o zumbador
- Una Señal luminosa
- Una Señal acústica
- Un Multímetro digital trifásico DMK 16
- Tres Transformadores de corriente con relación 50/5A
- Dos Puntas de prueba
- Sistema de control de tensiones del secundario del transformador
- Un Transformador de tensión media
- Una Reactancia o balastro
- Un Transformador de baja tensión
- Un Breaker Trifásico marca Siemens de 10A
- 7m Cable flexible N<sup>o</sup>- 14 , 16 , y 18 AWG
- Una Bornera de conexión
- Tomacorrientes monofásico, bifásico y trifásico
- Un Interruptor simple
- Un Zumbador
- Una Luz de encendido del Transformador de Media Tensión.

## **IV. PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO.**

En el desarrollo de este informe técnico, como es la repotenciación del banco de pruebas de aislamiento de motores eléctricos, utilizamos distintos métodos y técnicas de investigación, los cuales nos han proporcionado un mejor conocimiento desde lo más simple hasta lo más complejo, alcanzando de esta manera los objetivos propuestos.

Primeramente se realizó la evaluación del tablero, del taller de electricidad donde se encontraba, enseguida se procedió a revisar las partes internas que compone dicho banco, verificando algunas fallencias en las cuales tenían que ser reemplazadas.

Se procedió al desmontaje del transformador de media tensión, teniendo en cuenta sus diferentes conexiones, constatando que sus chapas estaban flojas, por lo tanto producía ruido, también se le realizó un mantenimiento a los bobinados del transformador con barniz, para asegurar su perfecta conducción quedando estable y seguro para operar.

En el circuito de control que comprende el transformador de baja tensión, el puente de rectificación de corriente alterna (CA.) a corriente continua (CC.) se comprobó que debían ser cambiados por unos de iguales características, ya que estos eran antiguos pudiendo ocurrir fallas eléctricas en lo posterior. También a los relés se les hizo una limpieza a sus contactos internos mediante aire comprimido.

En el circuito de señalización efectuamos el cambio de todos los diodos LED, así como también sus interruptores electromecánicos, luego se realizó las respectivas conexiones de los mismos y las debidas comprobaciones para la verificación de su buen funcionamiento.

En lo que se refiere al zumbador se le aplicó el voltaje nominal para verificar su estado auditivo, así también se calibró el voltímetro analógico para una correcta medición y las puntas de prueba se le cambio unas partes asegurándose de apretar bien ya que estas se someten a miles de voltios, finalmente se sustituyó todo el cableado del tablero ya que no contaba con las debidas normas y especificaciones técnicas.

También fue necesario consultar y hacer el análisis e interpretación de la información obtenida a través de libros, folletos e internet para elaborar los capítulos requeridos en el desarrollo del informe técnico.

# V. RESULTADOS

## PRACTICA # 1

### 1) TEMA:

- Pruebas de Aislamiento

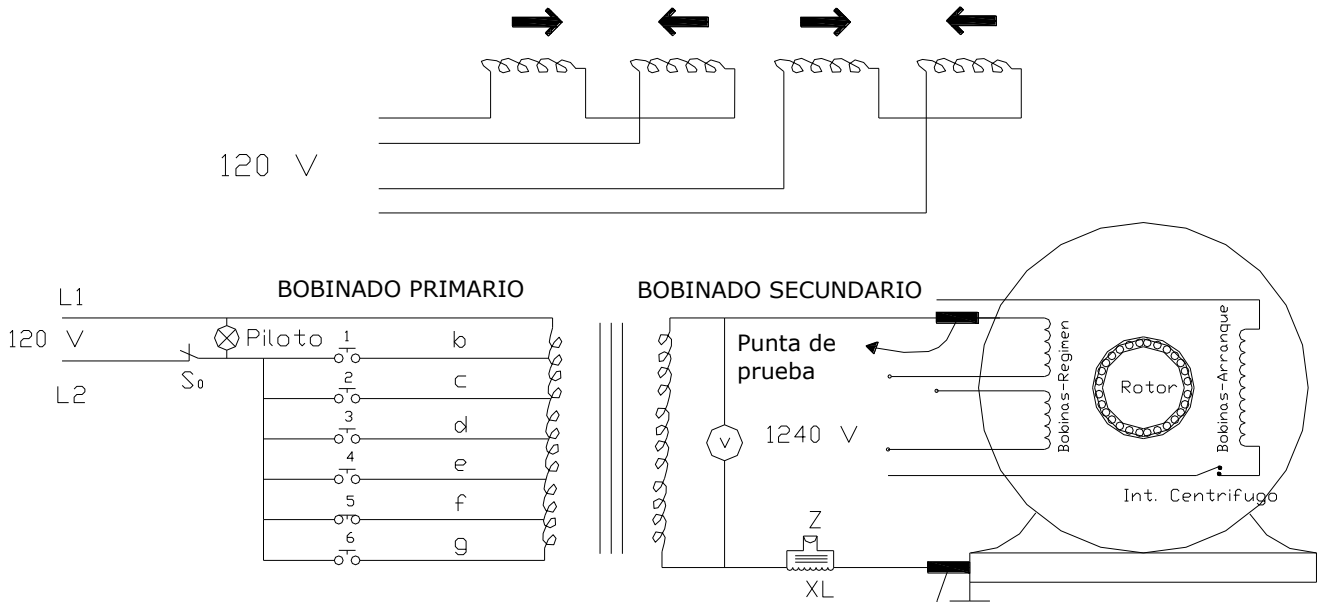
### 2) OBJETIVOS:

- ✓ Verificar el aislamiento en un motor eléctrico de inducción mediante la aplicación de media tensión entre sus devanados y entre devanados con la masa.

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS:

Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
1	Equipo de media tensión	120/1000V – 600VA
1	Motor de inducción	ABG 137- 1/4hp – 110/220V
1	Puntas de prueba doble banana	120 V

#### 4) ESQUEMA:



#### 5) DESARROLLO:

Para el desarrollo de la práctica de aislamiento hay que tener en cuenta las medidas de seguridad, al manipular el equipo de media tensión por el riesgo que existe de sufrir descarga eléctrica (1240V). Previamente se deberá tomar en cuenta los siguientes pasos:

Primeramente debemos realizar el cálculo respectivo propuesto por la Asociación de Electrotécnicos Alemanes (VDE), para la aplicación del voltaje necesario que permite diagnosticar el estado actual del aislamiento del estator en cuestión se procede de la siguiente manera:

Como el motor a diagnosticar el estado de aislamiento trabajará con un voltaje nominal de 120V, aplicaremos la siguiente ecuación

$$U_a = 1000V + 2U_n$$

Donde:

$U_a$  = Tensión de aislamiento a aplicar

$U_n$  = Tensión nominal

Por tanto:

$$U_a = 1000V + 2 * 120V$$

$$U_a = 1240V$$

Una vez determinado el valor a ser aplicado para la prueba, se procederá a energizar el equipo por medio del Interruptor tripolar  $S_1$  para posteriormente alimentar el bobinado primario del transformador a través de  $S_0$  conectado a una fuente de energía de 120V para obtener el nivel adecuado de voltaje en el secundario del mismo que será de 1240 V según el cálculo efectuado anteriormente, este rango será regulado mediante la acción de una serie de relés (12Vcc), controlados por un conjunto de pulsadores (1, 2, 3, 4, 5, 6) que nos permiten gobernar el tablero de control el cual cuenta además con un voltímetro que nos ayuda a visualizar el voltaje que nos proporcionará el secundario del transformador de media tensión y un sistema de señalización por diodos leed que nos indica la derivación del transformador que se encuentra energizada.

Por ser un ejercicio didáctico, se realizarán pruebas con distintos niveles de falla en el aislamiento del estator analizado, es así que empezaremos con un estator con aislamiento en buenas condiciones, luego se procederá a provocar intencionalmente fallas en el aislamiento con el fin de ir analizando la evolución de la falla.

En la figura anterior, se demuestra la forma de llevar a cabo la práctica: Primeramente se procederá a fijar una punta de prueba en un extremo de un devanado estático y la otra punta de prueba, será fijada a la masa o carcasa del mismo; y así sucesivamente con el resto de bobinas,

hasta poder descartar cualquier tipo de anomalía en el aislamiento del motor diagnosticado, destacando que el tiempo prudente para realizar esta prueba es de un minuto.

Podemos detectar la falla del motor visualmente, por la aparición del arco formado en el lugar que se encuentre un reducido nivel de aislamiento en el estator y principalmente por una señal acústica (zumbador) que denunciará la falla existente en el mismo.

## **6) SISTEMA CATEGORIAL:**

- ✓ Posibles riesgos por falla de aislamiento en máquinas eléctricas
- ✓ Prueba de aislamiento en sitio
- ✓ Prueba sin carga (en vacío)
- ✓ Prueba de resistencia de aislamiento

## **7) PREGUNTAS DE CONTROL**

- ✓ ¿Qué precauciones deben adoptarse al utilizar un banco para prueba de aislamiento de motores eléctricos utilizando un transformador de media tensión?
  
- ✓ ¿Qué tipos de motores eléctricos podrán ser analizados mediante la técnica propuesta de media tensión?
  
- ✓ ¿Qué parámetros deben tomarse en cuenta para la detección de fallas de aislamiento de devanados estáticos aplicando media tensión?
  
- ✓



## 8) BIBLIOGRAFIA:

### LIBROS:

- ✓ Ramírez Vásquez José .1986 Manual de Reparación de Maquinas de Corriente Alterna. Tercera Edición. Barcelona-España. Ediciones CEAC 148p.

### SITIOS WEB:

- ✓ <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=172&rank=1>
- ✓ <http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-electrica/respuestas/1900840/prueba-de-aislamiento>.
- ✓ <http://confiabilidad.net/articulos/prueba-de-aislamiento-de-motor-electrico-a-tierra/>

## PRACTICA # 2

### 1) TEMA:

Pruebas de Continuidad con señal acústica y señal Luminosa

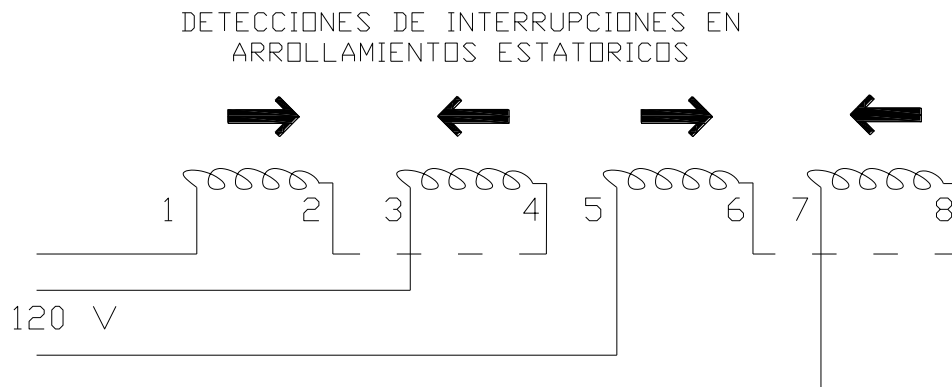
### 2) OBJETIVOS:

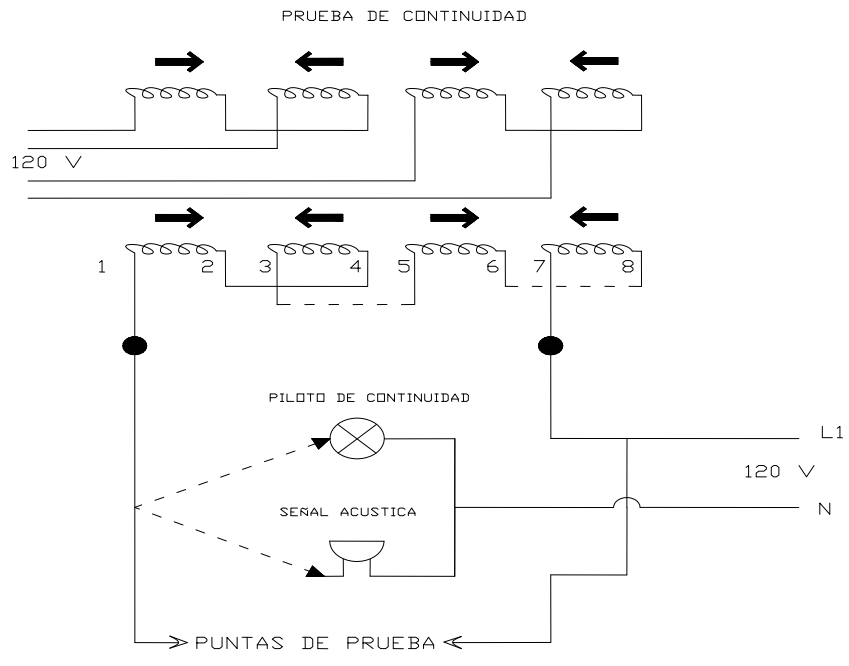
- ✓ Comprobar el estado de continuidad en un devanado y entre los devanados con la masa mediante señales lumínicas y acústicas.

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS:

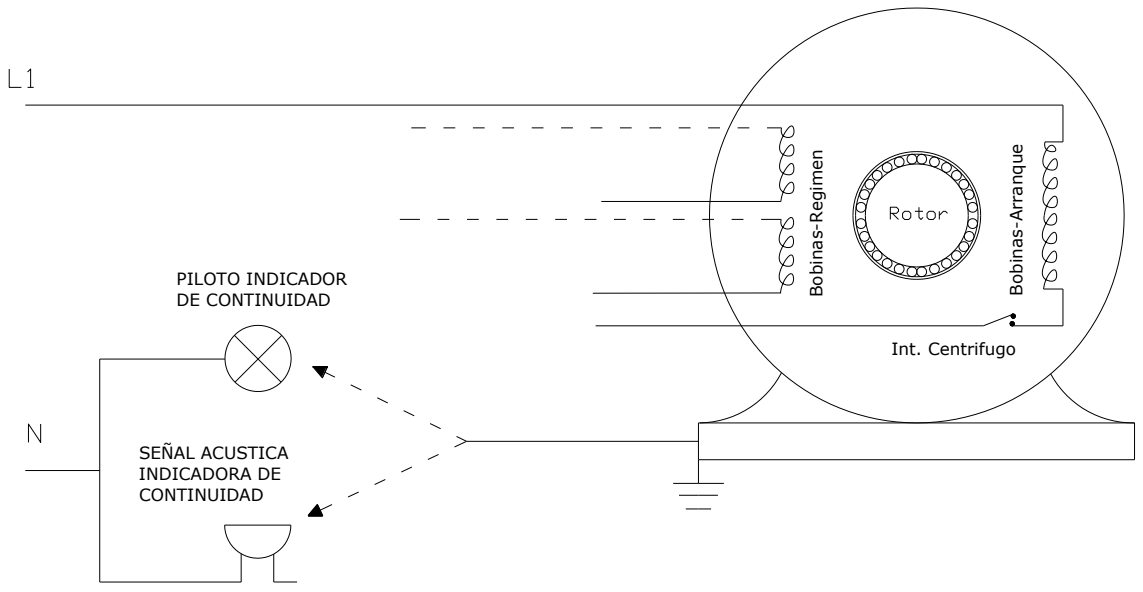
Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
2	Puntas de prueba	Conductores AWG # 14
1	Motor de inducción	ABG 137- 1/4hp – 110/220V
1	Piloto indicador de continuidad	120V
1	Zumbador	120V

### 4) ESQUEMA:





**PRUEBA DE CONTINUIDAD DEVANADOS-TIERRA**



## 5) DESARROLLO:

Para esta práctica, se tomará en cuenta que los extremos de los devanados del motor a diagnosticar deberán estar perfectamente definidos, caso contrario se recurrirá al desmontaje del mismo para su correspondiente identificación con el fin de determinar de la forma más acertada el lugar de avería del bobinado. Esta actividad es común tanto par motores monofásicos como trifásicos, teniendo en cuenta nada más el número de polos que tiene el motor.

Dado que se ha definido los terminales de los devanados en el estator, se ubicarán las dos puntas de prueba correspondientes constituidas por neutro (N) aplicada directamente a los indicadores de continuidad y la línea (L1) que circulará por los devanados correspondientes para cerrar el circuito con el piloto de señalización de continuidad o la señal acústica (Zumbador) utilizada para este mismo fin.

El voltaje aplicado a los indicadores de continuidad es de 120V AC, que se tomará de la fuente al momento de accionar S1.

Para determinar posibles averías en el estator, se procederá a realizar las pruebas que sean necesarias, empezando primero por el devanado en su totalidad (se deberá conectar en serie las bobinas como se indica en la figura) o se podrá analizar cada una de las bobinas individualmente (Es decir en los terminales: 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, etc.).

Si al analizar los devanados del estator, tal como se ha descrito anteriormente y la lámpara de señalización de continuidad no enciende o la señal acústica no se presenta, existe interrupción en un devanado o polo, quedando de esta manera el circuito abierto.

El procedimiento a seguir es análogo para cualquier tipo de motor o equipos de generación eléctrica ya sea trifásico o monofásico permitiéndonos además determinar si existe contacto con grupos de bobinas que puedan interferir con el rendimiento y funcionamiento en general del aparato eléctrico.

Debido a los principios de conductividad que presentan los metales, es factible además determinar si existen contactos a masa, para ello se procede como se lo ha hecho anteriormente pero con la diferencia de que se deberá ubicar las puntas de prueba entre un extremo del devanado (1-3-5-7) y la otra punta en la carcasa o envoltura.

## **6) SISTEMA CATEGORIAL:**

- ✓ Pruebas de continuidad.
- ✓ Aspectos importantes al realizar pruebas de continuidad.

## **7) PREGUNTAS DE CONTROL:**

- ✓ ¿Qué aspectos deberán tomarse en cuenta para el análisis de interrupción de devanados estáticos.?
- ✓ Al realizar las pruebas de continuidad estáticas, ¿A través de qué medio podemos determinar el estado actual en un devanado?
- ✓ Cuando se verifican el valor resistivo de cada grupo de bobinas, ¿Por qué se obtiene distintos valores a pesar de la similitud en sus características constructivas?

## **8) BIBLIOGRAFIA:**

### **SITIOS WEB**

- ✓ <http://www.xuletas.es/ficha/pruebas-electricas-y-de-aislamiento/>

## PRACTICA # 3

### 1) TEMA:

- Verificación de Magnitudes Eléctricas en Motores Monofásicos

### 2) OBJETIVOS:

- ✓ Verificar el uso y aplicación de los diferentes aparatos de medida que se utilizarán en el desarrollo de los diferentes ensayos.
- ✓ Analizar las características de funcionamiento de motores eléctricos monofásicos.
- ✓ Identificar las técnicas de ensayo de motores de inducción monofásicos

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS:

Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
1	Motor de inducción	ABG 137- 1/4hp – 110/220V
1	Breaker	Siemens 600V - 10 <sup>a</sup>
1	Multímetro digital	DMK 16 Lovato 600V-5A

#### 4) ESQUEMA:

Diagrama de conexión del sistema de medida

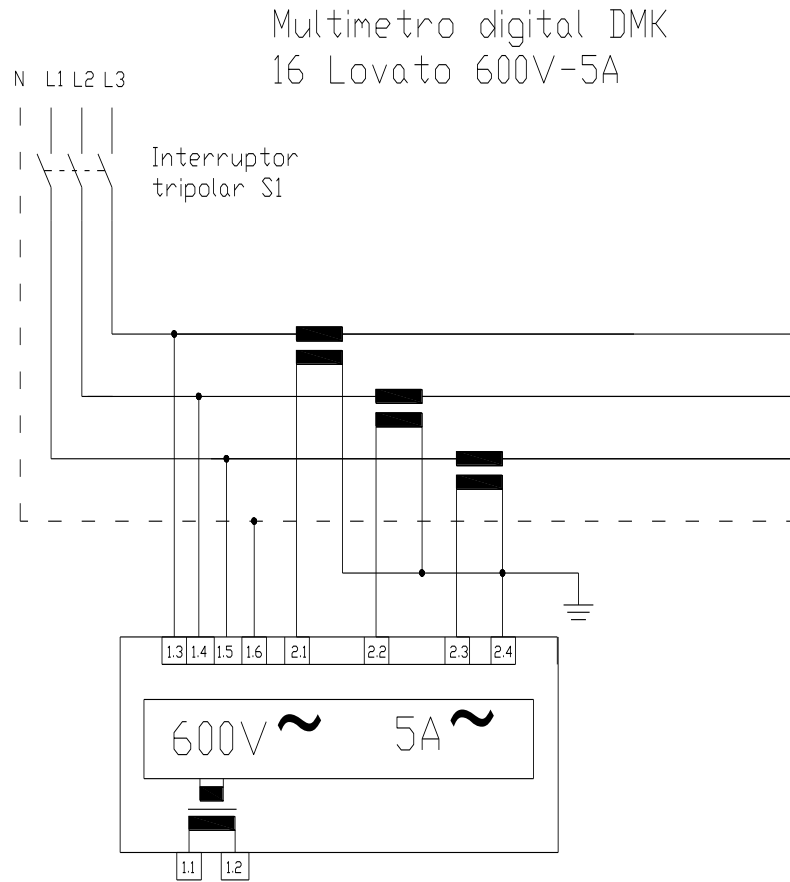
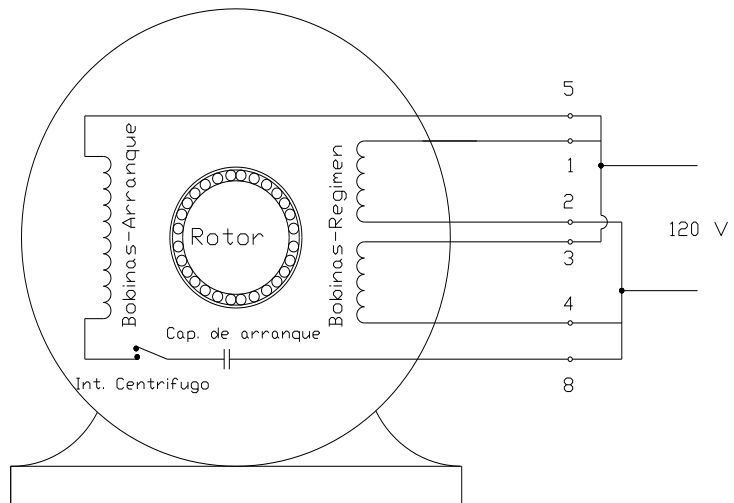


Diagrama de fuerza de un motor monofásico-arranque directo





## 5) DESARROLLO

Antes de proceder al accionamiento de un motor debemos constatar que la fuente de alimentación está de acuerdo a los requerimientos del motor para su buen funcionamiento. En este caso se procederá a la verificación de las magnitudes eléctricas de un motor monofásico 110-220V.

Para ello primero procederemos a identificar las conexiones internas del motor mediante los extremos o puntas del motor eléctrico que se encuentran en la parte externa del mismo y gracias a las características proporcionadas por su placa respectiva.

Una vez que se ha definido el sistema de conexionado del motor, procederemos a la alimentación del mismo mediante el accionamiento del interruptor tripolar S1 que a su vez energizara la fuente de 120 V, fuente que ha sido tomada exclusivamente para este ensayo, considerando además como un aspecto muy importante para la preservación del banco, de que los equipos de medición deberán estar dimensionados según la potencia de cada motor con los que se desarrolle la práctica.

Para visualizar los parámetros de consumo del motor se manipulará el equipo de medida, mismo que nos proporcionará magnitudes tales como: Voltaje, Intensidad, Factor de potencia, Potencia consumida en unidades de tiempo, etc. Estas opciones podrán ser configuradas presionando la opción de cambio de unidad  representado por el siguiente símbolo y para el análisis de las magnitudes en cada una de las fases, se determinaran mediante las flechas ubicadas en la parte superior representadas por: 

Se deberá tener especial cuidado en la veracidad de los datos tomados obviando así contradicciones posteriores, para luego de ello desenergizar el motor y finalmente cortar la energía como medida de seguridad mediante S1.



## **6) SISTEMA CATEGORIAL:**

- ✓ Motor monofásico de inducción
- ✓ Funcionamiento de un motor monofásico
- ✓ Tipos de motores monofásicos
- ✓ Motor fase partida
- ✓ Motor monofásico de inducción

## **7) PREGUNTAS DE CONTROL:**

- ✓ ¿Qué es un motor de inducción?
- ✓ ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un motor de inducción monofásico?
- ✓ ¿Qué determina la velocidad nominal de un motor de inducción?
- ✓ ¿Cuál es la función del arrollamiento de arranque y el arrollamiento de régimen o de trabajo?
- ✓ ¿De qué manera se puede determinar el giro de un motor de inducción monofásico?

## **8) BIBLIOGRAFIA:**

### **LIBROS:**

- ✓ Maquinas Eléctricas. Albert R. Gray Editorial de la Universidad de Chile Tercera Edición 1977 Pág.: 237, 260

### **SITIOS WEB:**

- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos61/motor-induccion-monofasico/motor-induccion-monofasico.shtml>
- ✓ <http://www.nichese.com/monofasico.html>
- ✓ <http://html.rincondelvago.com/motores-de-induccion-monofasicos-asincronos.html>

## PRACTICA # 4

### 1) TEMA:

- Verificación de Magnitudes Eléctricas en Motor Bifásico

### 2) OBJETIVOS:

- ✓ Analizar los diferentes tipos de motores de inducción bifásicos
- ✓ Verificar las características de funcionamiento de motores eléctricos bifásicos.

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS:

Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
1	Motor de inducción	ABG 137- 1/4hp – /220V
1	Breaker	Siemens 600V - 10A
1	Multímetro digital	DMK 16 Lovato 600V-5A

#### 4) ESQUEMA:

Diagrama de conexión del sistema de medida

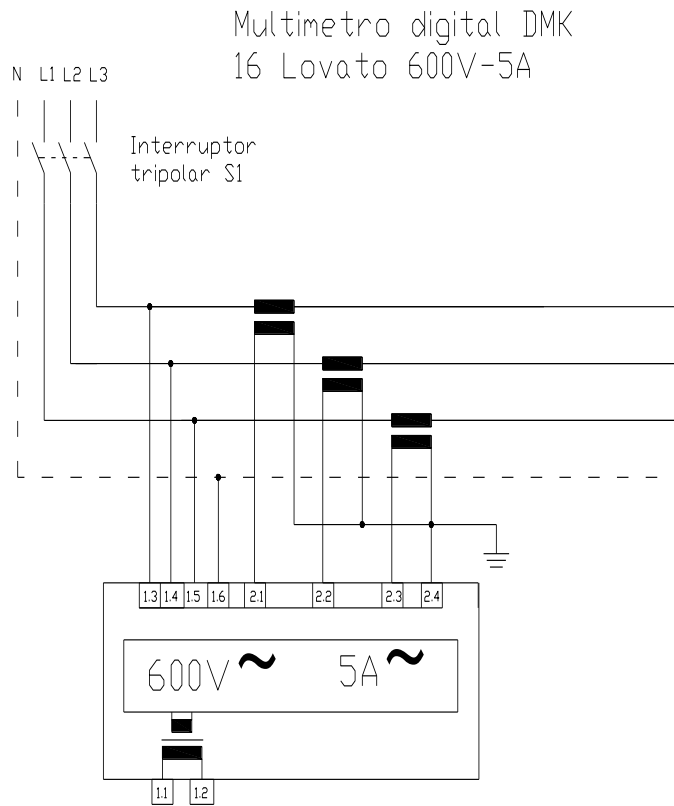
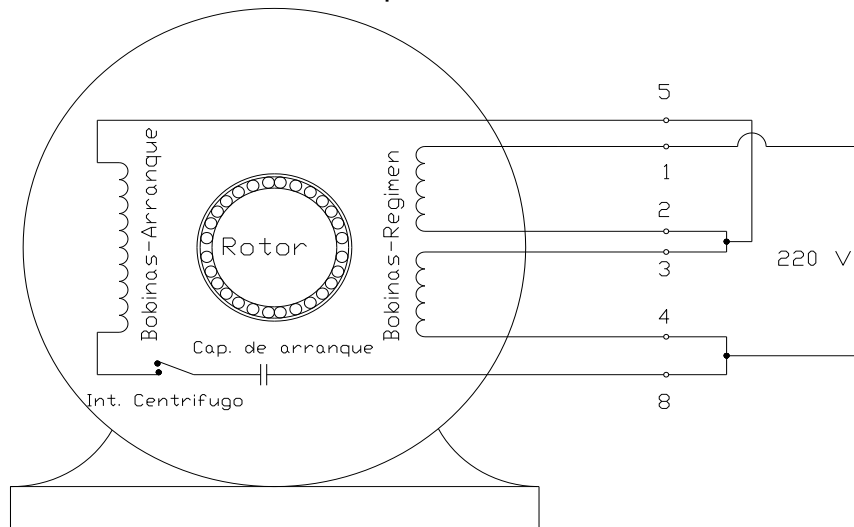


Diagrama de fuerza de motor bifásico-arranque directo



## 5) DESARROLLO:

Antes de proceder al accionamiento de un motor debemos constatar que la fuente de alimentación está de acuerdo a los requerimientos del motor para su buen funcionamiento. En este caso se procederá a la verificación de las magnitudes eléctricas de un motor bifásico 110-220VAC.

Para ello primero procederemos a identificar las conexiones internas del motor mediante los extremos o puntas del motor eléctrico que se encuentran en la parte externa del mismo y gracias a las características proporcionadas por su placa respectiva.

Una vez que se ha definido el sistema de conexionado del motor, procederemos a la alimentación del mismo mediante el accionamiento del interruptor tripolar S1 que a su vez energizará la fuente de 220 V, fuente que ha sido tomada exclusivamente para este ensayo, considerando además como un aspecto muy importante para la preservación del banco, de que los equipos de medición deberán estar dimensionados según la potencia de cada motor con los que se desarrolle la práctica.

Para visualizar los parámetros de consumo del motor se manipulará el equipo de medida, mismo que nos proporcionará magnitudes tales como: Voltaje, Intensidad, Factor de potencia, Potencia consumida en unidades de tiempo, etc. Estas opciones podrán ser configuradas presionando las configuraciones citadas en la práctica anterior.

Se deberá tener especial cuidado en la veracidad de los datos tomados obviando así contradicciones posteriores, para luego de ello desenergizar el

motor y finalmente cortar la energía como medida de seguridad mediante S1.

#### **6) SISTEMA CATEGORIAL:**

- Motores bifásicos
- Principio de funcionamiento de un motor bifásico
- Bobinas de arranque y de trabajo.
- Diferencia entre motores bifásicos y trifásicos
- Re-conexión de motores bifásicos para servicio trifásico
- Inversión del sentido de giro en motores bifásicos

#### **7) PREGUNTAS DE CONTROL:**

- ✓ ¿Qué es un motor de inducción?
- ✓ ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un motor de inducción bifásico?
- ✓ ¿Cuál es la función del arrollamiento de arranque y el arrollamiento de régimen o de trabajo?
- ✓ ¿De qué manera se puede determinar el giro de un motor de inducción bifásico?

#### **8) BIBLIOGRAFIA:**

##### **LIBROS**

- ✓ Robert Rosemberg. 1987 Reparación de Motores Eléctricos Séptima edición Barcelona España Editorial, Gustavo GIII. Pag,159, 176

##### **SITIOS WEB:**

- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>

## PRACTICA # 5

### 1) TEMA:

- Verificación de Magnitudes Eléctricas en un motor de inducción Motor Trifásico

### 2) OBJETIVOS:

- ✓ Verificar las características de funcionamiento de motores eléctricos trifásicos.
- ✓ Analizar diferencia entre un motor eléctrico de inducción trifásico, bifásico y monofásico.

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS:

Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
1	Motor de inducción	3RASEA 0.18Kw - 440/220VAC
1	Breaker	Siemens 600V - 10A
1	Multimetro digital	DMK 16 Lovato 600V-5A

#### 4) ESQUEMA:

Diagrama de conexión del sistema de medida

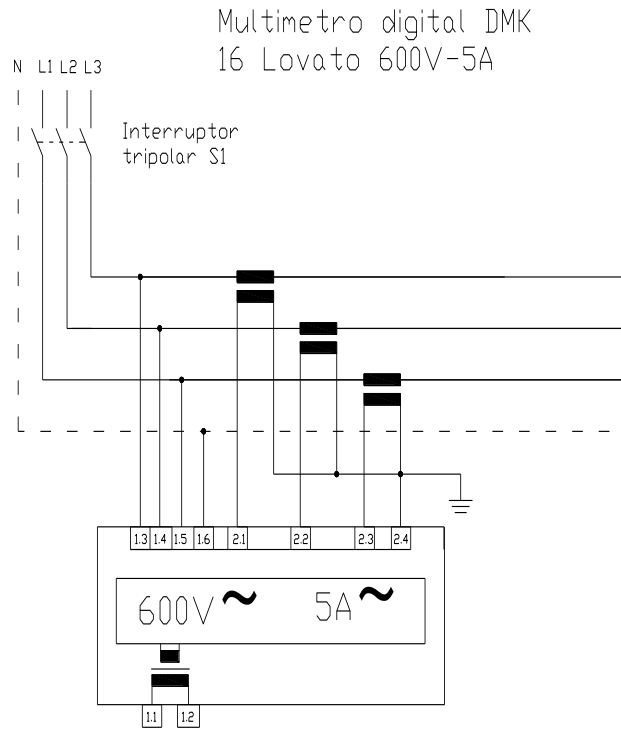
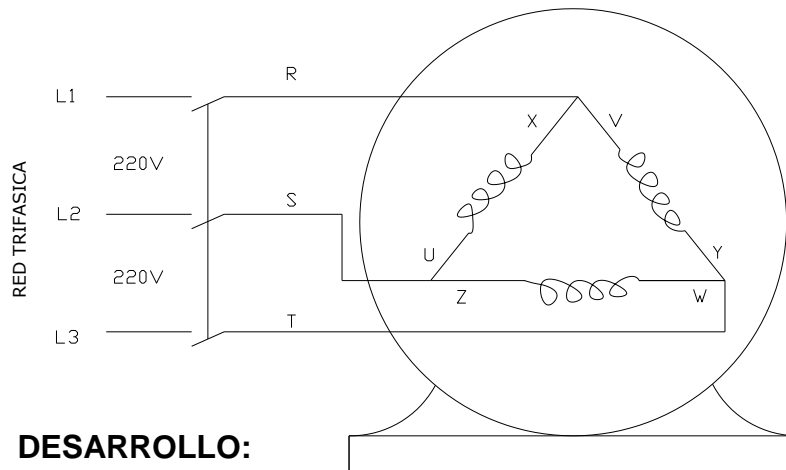


Diagrama de fuerza de motor trifásico-arranque directo

DIAGRAMA DE FUERZA DE UN MOTOR TRIFASICO DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA (ARRANQUE DIRECTO)



#### 5) DESARROLLO:

Antes de proceder al accionamiento de un motor debemos constatar que la fuente de alimentación está de acuerdo a los requerimientos del motor para su buen funcionamiento. En este caso se procederá a la verificación de las magnitudes eléctricas de un motor de inducción trifásico jaula de ardilla.

Para ello primero procederemos a identificar las conexiones internas del motor mediante los extremos o puntas del motor eléctrico que se encuentran en la parte externa del mismo y gracias a las características proporcionadas por su placa respectiva determinado así las debidas conexiones según el voltaje que nos proporciona la red trifásica aplicada al banco de pruebas.

Una vez que se ha definido el sistema de conexionado (conexión triangulo) del motor, procederemos a la alimentación del mismo mediante el accionamiento del interruptor tripolar S1 que a su vez energizará la fuente trifásica de 220 V, fuente que ha sido tomada exclusivamente para este ensayo, considerando además como un aspecto muy importante para la preservación del banco, de que los equipos de medición deberán estar dimensionados según la potencia de cada motor con los que se desarrolle la práctica .

Para visualizar los parámetros de consumo del motor se manipulará el equipo de medida, mismo que nos proporcionará magnitudes tales como: Voltaje, Intensidad, Factor de potencia, Potencia consumida en unidades de tiempo, etc. Estas opciones podrán ser configuradas presionando las configuraciones citadas en la práctica anterior.



Se deberá tener especial cuidado en la veracidad de los datos tomados obviando así contradicciones posteriores, para luego de ello desenergizar el motor y finalmente cortar la energía como medida de seguridad mediante S1.

#### **6) SISTEMA CATEGORIAL:**

- ✓ Motores Trifásicos
- ✓ Constitución de un motor Trifásico
- ✓ Funcionamiento de motor Trifásico
- ✓ Conexiones fundamentales de los motores trifásicos
- ✓ Inversión de giro de un motor trifásico

#### **7) PREGUNTAS DE CONTROL:**

- ✓ ¿A que se denomina motor de inducción jaula de ardilla?
- ✓ ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un motor de inducción trifásico?
- ✓ ¿Cuáles son las conexiones más comunes en un motor de inducción trifásico en nuestro medio?
- ✓ ¿De qué manera se puede determinar el giro de un motor de inducción trifásico?

#### **8) BIBLIOGRAFIA:**

##### **LIBROS:**

- ✓ Robert Rosemberg. 1987 Reparación de Motores Eléctricos Séptima edición Barcelona España Editorial, Gustavo Gili. Pag,127, 159

##### **SITIOS WEB**

- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos16/circuitos-trifasicos/circuitos-trifasicos.shtml>
- ✓ <http://www.nichese.com/motor-ca.html>.

## PRACTICA # 6

### 1) TEMA:

- Pruebas de inducido en cortocircuito

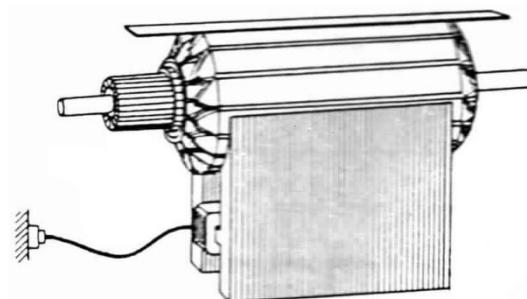
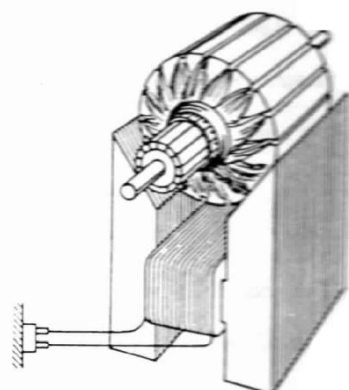
### 2) OBJETIVOS:

- ✓ Analizar qué función cumple el rotor del motor sobre el zumbador.
- ✓ Verificar las posibles averías que se pueden presentar.

### 3) MATERIALES Y EQUIPOS

Nº	DESCRIPCION	MODELO/CARACTERISTICAS
1	Rotor de inducción	
1	Comprobador de rotores	120V/60Hz
2	Conductores banana	# 12 AWG
1	Sierra	

### 4) ESQUEMA



## **5) DESARROLLO**

Se procede al desmontaje del inducido del motor y se coloca sobre el zumbador, se conecta a éste a la red de corriente alterna y sobre la ranura superior del inducido se coloca una hoja de sierra en sentido longitudinal. Cuando la hoja de sierra vibre, produciendo un zumbido, es porque en la ranura superior correspondiente se aloja una bobina averiada.

## **6) SISTEMA CATEGORIAL**

- ✓ Los rotores de motores eléctricos
- ✓ Rotores rígidos y elásticos.

## **7) PREGUNTAS DE CONTROL**

- ✓ ¿Cómo funciona el comprobador de rotores?
- ✓ ¿El rotor del motor que función cumple al ser montado sobre el zumbador?

## **8) BIBLIOGRAFIA**

### **LIBROS:**

- ✓ RAMIREZ VAZQUEZ JOSE. 1986. Manual de Reparación de Máquinas de Corriente Alterna. Tercera Edición. Barcelona-España. Ediciones CEAC. 148p.

### **SITIOS WEB:**

- ✓ <http://www.elettrorava.es/espanol/docum/equilibrado/secc-01.html>

## VI. CONCLUSIONES

- Con la repotenciación del equipo de pruebas de aislamiento de motores eléctricos , se ha podido realizar la comprobación de fallas en un motor eléctrico, este equipo nos ofrece comodidad y facilidad para realizar las pruebas
- El mejoramiento del banco tiene como objeto constituirse en un material didáctico apropiado para que los estudiantes puedan realizar pruebas de aislamiento a bobinados de motores eléctricos.
- Las fallas de aislamiento son detectadas por medio de una señal auditiva y visualmente a través de la aparición del arco que aparece debido a la aplicación de media tensión.
- Es posible determinar averías en los devanados de rotores bobinados gracias al principio de inducción de un transformador eléctrico (zumbador), utilizando el rotor como el secundario de dicho transformador.
- La correcta utilización y aplicación de las pruebas con el banco repotenciado , proporciona las opciones de diagnóstico indispensables para determinar si un motor sigue operando o no.
- Los sistemas de medida implementados en el banco nos permiten obtener una amplia gama de parámetros de medida como tensiones, intensidades, potencia, factor de potencia, frecuencia etc. En los motores eléctricos

## VII. RECOMENDACIONES

- Es de vital importancia operar con el mayor cuidado posible el equipo para diagnóstico de motores, principalmente al realizar las pruebas de aislamiento, debido al riesgo que se corre al manipular media tensión.
- Se deberá conocer las opciones de voltaje que proporciona el transformador de media tensión, en relación al tablero de control y al sistema de medida de voltaje de media tensión, el cual será aplicado según la fórmula propuesta en la práctica 1.
- Para diagnosticar el estado de aislamiento en un motor, se localizarán los terminales de los devanados, en uno de los cuales se ubicará una punta de prueba, mientras que la otra punta se ubicará en la carcasa del motor por un tiempo máximo de 60 segundos.
- Los terminales de los bobinados deberán estar perfectamente libres de cualquier tipo de recubrimiento, para evitar el entorpecimiento de pruebas de continuidad.
- En la prueba de inducción de corto circuito en rotores bobinados la hoja de sierra utilizada para este fin, deberá estar completamente sobre la parte superior del rotor, mientras se lo hace girar manualmente.
- En la verificación de los parámetros proporcionados por el sistema de medida implementado como son: voltaje, corriente, potencia, coseno  $\Phi$ , etc. Se deberá tomar en cuenta con que línea (L1, L2,

L3) se está trabajando para evitar lecturas erróneas durante las pruebas.

- EL instrumento de medida implementado, tiene una relación de transformación de 50/5 A, por lo tanto no se deberá sobre cargar los aparatos de control y medida para garantizar el buen funcionamiento de los mismos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

### Libros:

- Gray ALBERT R. 1977. Maquinas Eléctricas. Tercera Edición. Editorial de la Universidad de Chile.pag 237,260.
- RAMÍREZ, VÁSQUEZ José .1986 Manual de Reparación de Maquinas de Corriente Alterna. Tercera Edición. Barcelona-España. Ediciones CEAC 148 p.
- ROSEMBER, ROBERT. 1987. Reparación de Motores Eléctricos. Séptima Edición. Barcelona España .Editorial. Gustavo GIII. Pág. 127,159.
- YUNGA, Luis Alberto, ESPAÑA Luis Fernando. 1997. Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas de Aislamiento de Motores Eléctricos. Tesis Tecnólogo Eléctrico. Loja- Ecuador. Universidad Nacional De Loja. Pág. 77

### SITIOS WEB:

- <http://confiabilidad.net/articulos/prueba-de-aislamiento-de-motor-electrico-a-tierra/>
- <http://confiabilidad.net/articulos/prueba-de-aislamiento-de-motor-electrico-a-tierra/>
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=172&rank=1>
- <http://www.monografias.com/trabajos61/motor-induccion-monofasico/motor-induccion-monofasico.shtml>

- <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>
- <http://www.nichese.com/monofasico.html>
- <http://html.rincondelvago.com/motores-de-induccion-monofasicos-asincronos.html>
- <http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-electrica/respuestas/1900840/prueba-de-aislamiento>.
- <http://www.xuletas.es/ficha/pruebas-electricas-y-de-aislamiento/>

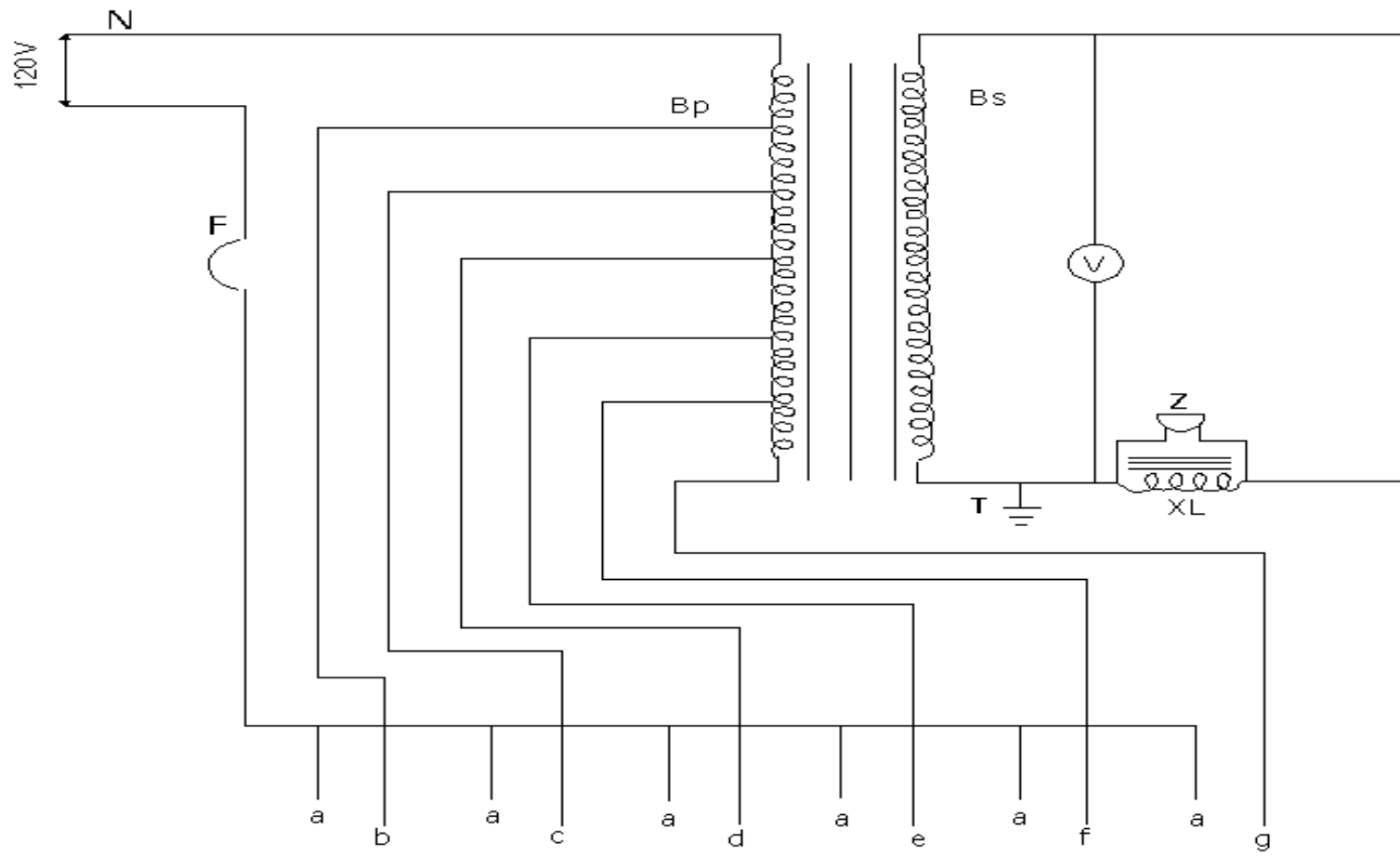


# IX. ANEXOS.

## ANEXO 1

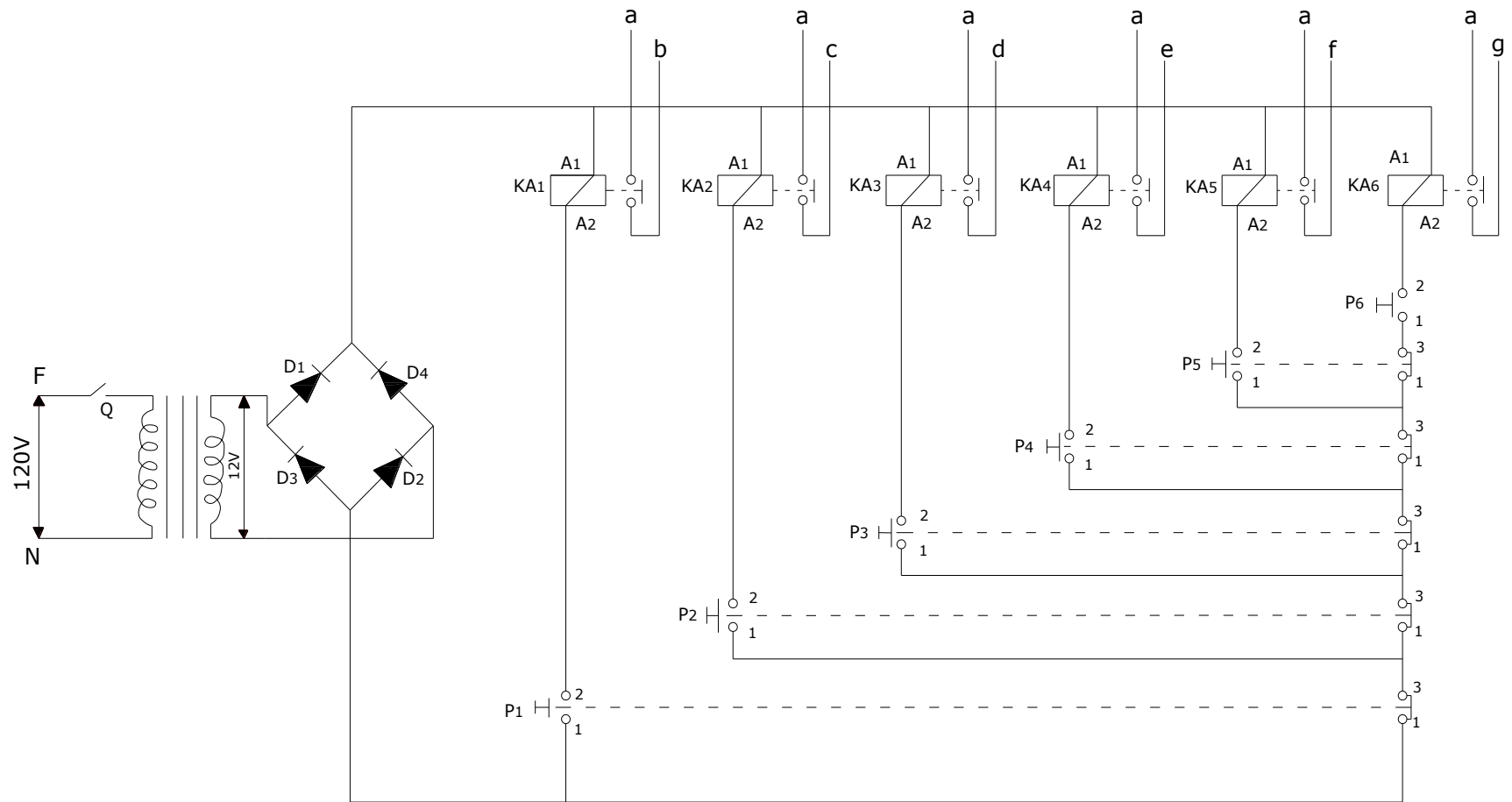
### ESQUEMA ELECTRICO DEL TRANSFORMADOR DE MEDIA TENSION

#### CIRCUITO DE FUERZA



## ANEXO 2

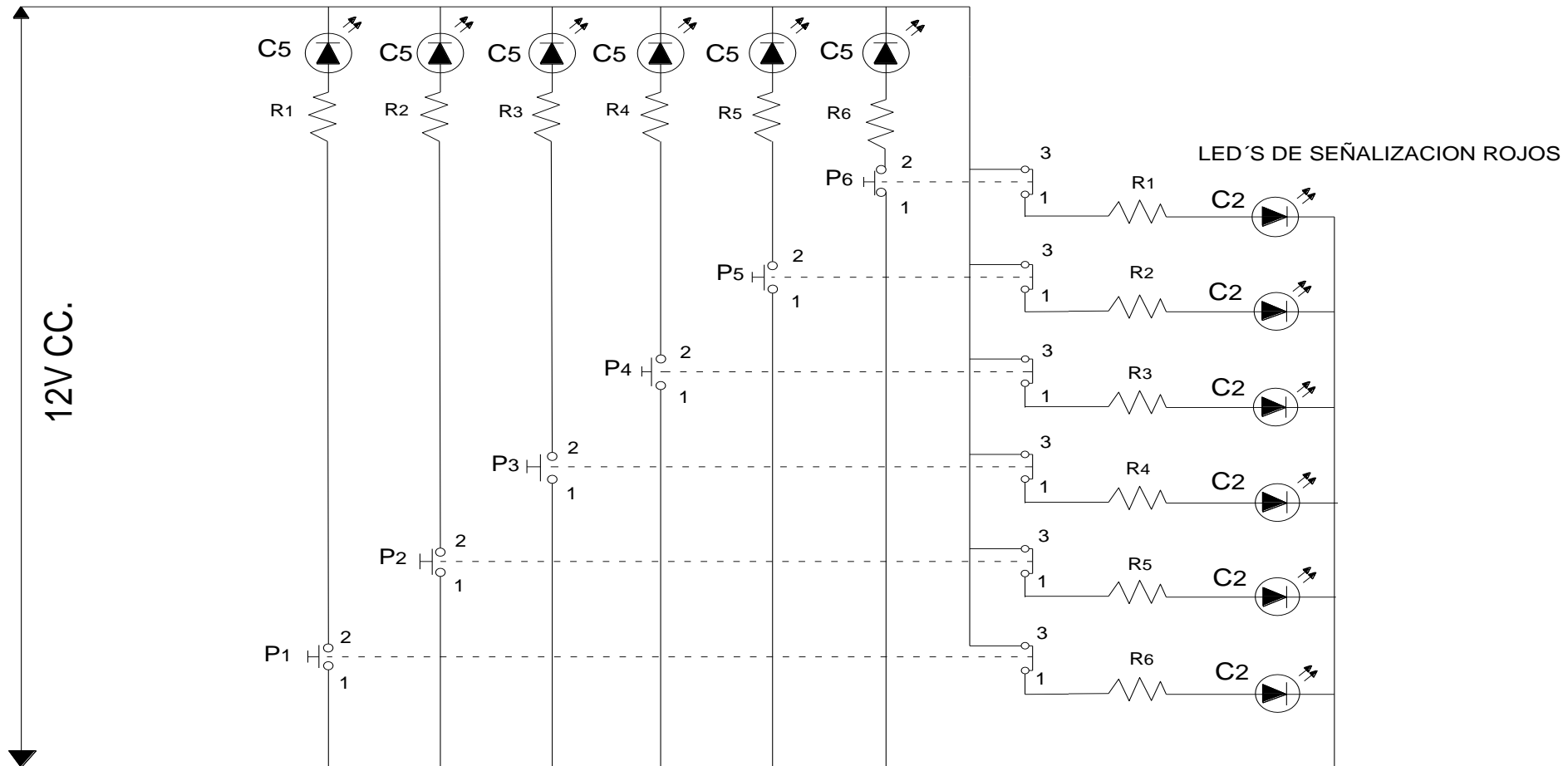
### CIRCUITO DE CONTROL DEL TRANSFORMADOR DE MEDIA TENSIÓN



### ANEXO 3

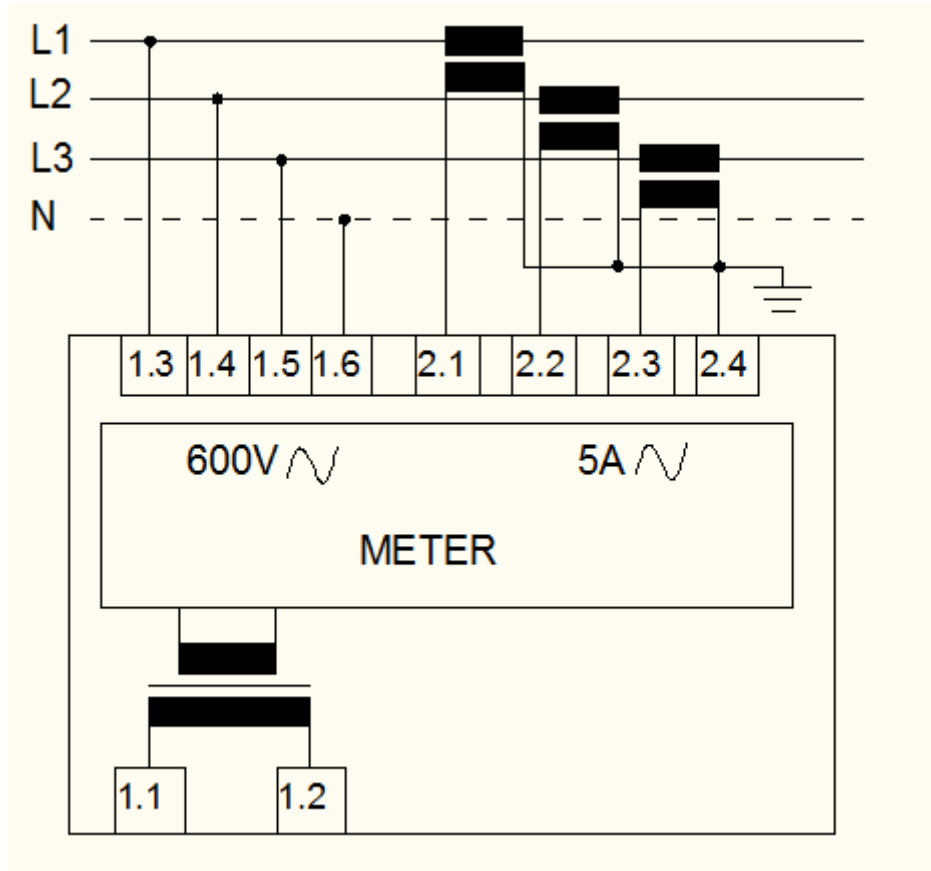
## CIRCUITO DE SEÑALIZACION DEL TABLERO DE CONTROL

LED'S DE SEÑALIZACION VERDES



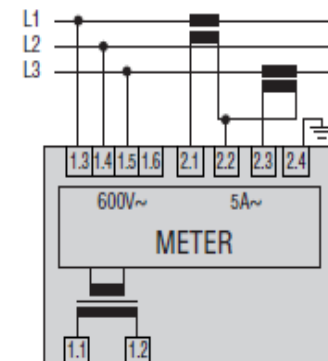
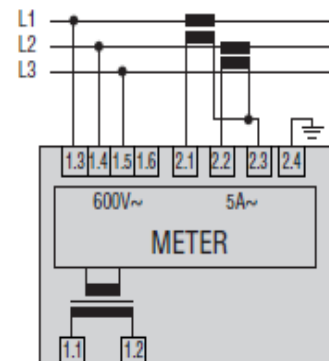
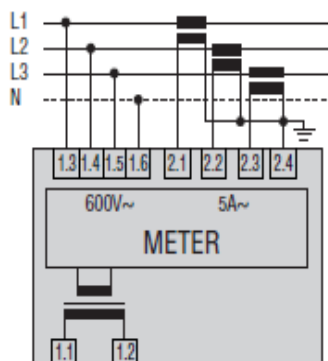
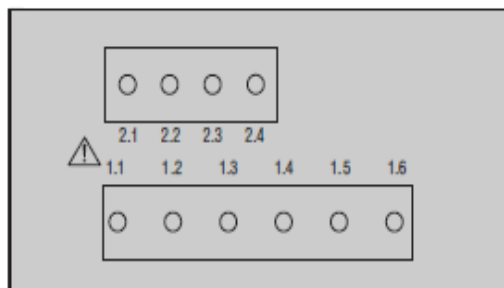
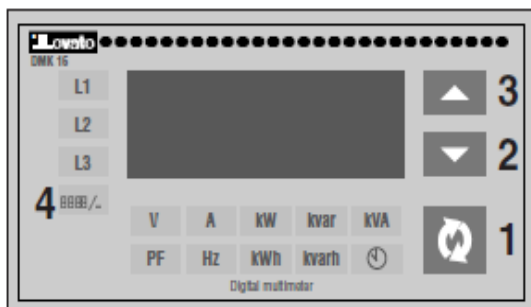
## ANEXO 4

### CONEXIÓN DEL MULTIMETRO DIGITAL TRIFASICO DMK 16



## ANEXO 5

### DIFERENTES CONEXIONES DEL MULTIMETRO DIGITAL TRIFASICO DMK 16



**ANEXO 6**  
**FOTOGRAFÍA DEL TABLERO ANTERIOR Y EL REPOTENCIADO**

