

**REDISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA FUENTE REGULADA  
DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

**HÉCTOR CAMILO ZAMBRANO HERNÁNDEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**REDISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA FUENTE REGULADA  
DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

**HECTOR CAMILO ZAMBRANO HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Director:**

**Dr. HERMANN RAÚL VARGAS TORRES**

**Magister en Potencia Eléctrica, Especialista en Docencia Universitaria**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. ESTADO INICIAL DE LA FUENTE .....	16
2.1 CONEXIONES DE ENTRADA.....	16
2.2. TRANSFORMADOR.....	17
2.3 RECTIFICADORES .....	18
2.4. CONEXIONES DE SALIDA .....	19
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	21
3.1 RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN. ....	21
3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	22
3.3. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	24
4. REDISEÑO DE LA FUENTE.....	26
4.1 TRANSFORMADOR.....	26
4.2 RECTIFICACIÓN.....	28
4.3 PROTECCIONES Y CARCAZA.....	29
4.4 ELEMENTOS DE MEDIDA.....	29
5. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS .....	31
5.1. CONEXIONES.....	31

5.2 TRANSFORMADOR.....	31
5.3 RECTIFICACIÓN.....	36
5.4 PROTECCIONES Y CARCASA.....	38
5.5. ELEMENTOS DE MEDIDA.....	39
5.6. RESULTADOS DE PRUEBAS.....	40
5.6.1. Prueba de carga y regulación.....	41
5.6.2. Prueba de carga y temperatura.....	42
6. CONCLUSIONES.....	43
7. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	47

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estado inicial de las conexiones de entrada .....	17
Figura 2. Estado inicial del transformador.....	18
Figura 3. Estado inicial rectificadores. ....	19
Figura 4. Estado inicial de las conexiones de salida.....	20
Figura 5. Placas de motores ubicados en las mesas de trabajo.....	27
Figura 6. Transformador conectado para pruebas.....	33
Figura 7. Esquema de la conexión interna del transformador trifásico .....	35
Figura 8. Detalle de neutro común para niveles de tensión. ....	36
Figura 9. Disipador para el puente rectificador .....	37
Figura 10. Montaje de puentes rectificadores en la carcasa.....	38
Figura 11. Adecuación del panel frontal de la fuente.....	40
Figura 12. Prueba de carga y regulación. ....	41
Figura 13. Resultados de prueba de Temperatura Vs. Carga .....	42

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tensión y corriente en la salida .....	26
Tabla 2. Resistencia del aislamiento en el transformador.....	33
Tabla 3. Resultados de pruebas de relación de transformación (TTR).....	34
Tabla 4. Diodos instalados en la fuente .....	36
Tabla 5. Resultados prueba capacidad nominal .....	41

## LISTADO DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Registro fotográfico estado inicial de la fuente .....	48
Anexo B. Descripción del equipo utilizado .....	50
Anexo C. Características del multímetro UT33C .....	54
Anexo D. Características de la pinza UT203 .....	55
Anexo E: Hoja de datos SNK 70 .....	56
Anexo F. Hoja de datos del sensor ACS712.....	57
Anexo G. Hoja de datos del transformador de corriente 54190 msq30 EBCHQ....	58
Anexo H. Introducción a los rectificadores.....	59
Anexo I. Resultados de la prueba de hasta media carga.....	61

## GLOSARIO

**AC:** corriente alterna, es una corriente eléctrica donde las cargas cambian de sentido periódicamente.

**AMPERE:** es la unidad de intensidad de corriente se simboliza: A.

**ÁNODO:** se considera como el lado positivo del dispositivo hacia el cual se dirigen los iones negativos llamados aniones.

**CÁTODO:** se considera como el lado negativo del dispositivo hacia el cual se dirigen los iones positivos llamados cationes.

**CARGA:** exigencia de potencia que se le hace a un equipo conectado en un circuito.

**CORTO CIRCUITO:** conexión directa entre dos terminales en un circuito eléctrico de manera que se reduce o elimina la resistencia del mismo.

**DC:** corriente continua, es una corriente eléctrica donde las cargas conservan siempre el mismo sentido.

**DIODO:** es un componente electrónico que permite la circulación de corriente en un solo sentido.

**HERRAJE:** accesorio del tipo tuerca, terminal, entre otros que desempeñan una función mecánica.

**I:** intensidad de corriente eléctrica medida en Amperes A.

**TRANSFORMADOR:** es una máquina eléctrica, que permite manipular los niveles de tensión en circuitos de corriente alterna.

**V:** diferencia de potencial medida en Volts V.

## RESUMEN

**TITULO:** REDISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA FUENTE REGULADA DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS\*.

**AUTOR:** HÉCTOR CAMILO ZAMBRANO HERNÁNDEZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Rectificador trifásico de onda completa, fuente de corriente continua, laboratorio de máquinas eléctricas.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto tiene como objetivo realizar una mejora de la fuente de corriente continua del laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Industrial de Santander, ya que la mayoría de sus componentes han completado su ciclo de vida y es muy importante contar con una fuente de alimentación totalmente funcional para las prácticas. Expone un análisis de las necesidades del laboratorio en relación con la fuente de corriente continua, formula un diseño que se ajusta a las necesidades en contraste con el estado actual y su capacidad, e implementa el diseño formulado. Así que lo existente se ajusta en todos los aspectos relacionados con su correcto funcionamiento. Básicamente esta fuente de alimentación está compuesta de tres secciones: transformador, rectificadores y conexiones de salida.

Esta fuente de alimentación se evaluó con respecto a sus componentes, desde el transformador existente sólo se mantuvo su núcleo, se requirió un nuevo devanado para asegurar un funcionamiento correcto, se detallan todas las piezas reemplazadas o rediseñadas. También se resumen un conjunto de resultados para las pruebas realizadas para demostrar su capacidad, se tomaron en consideración las normas técnicas colombianas cuando se preparó la prueba dada la escala del transformador seco implicado.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Dr. Hermann Raúl Vargas Torres, Magister en Potencia Eléctrica, Especialista en Docencia Universitaria.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND SETUP OF A REGULATED SOURCE AT ELECTRICAL MACHINES LABORATORY\*

**AUTHOR:** HÉCTOR CAMILO ZAMBRANO HERNÁNDEZ\*\*

**KEYWORDS:** Three-phase full-wave rectifier, DC power supply, electrical machines laboratory.

### DESCRIPTION:

This project aims to realize an improvement of the direct current source of electrical machines laboratory at the Industrial University of Santander, as most of its components have completed their life cycle and it is highly important to have a completely functional power source for the practices. It states an analysis of the laboratory's requirements in relation to the direct current source, formulates a design that fits the needs in contrast to the current status and its capacity, and implements the formulated design. So the existing is adjusted in all aspects related to its proper functioning. Basically this power source is composed of three sections: transformer, rectifiers and output connections.

This power source was evaluated regarding its components, from the existing transformer only its core was kept, new winding was required to ensure proper functioning, all parts replaced or redesigned are detailed. Also a set of results for tests carried out are summed up in order to demonstrate its capability, colombian technical standards were taken into consideration when preparing the testing given the scale of the dry transformer involved.

---

\* Grade Work.

\*\* Faculty of Mechanical Physics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Dr. Hermann Raúl Vargas Torres, Master in Electrical Power, Specialist in University Teaching.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander (UIS) es una organización que tiene como propósito la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad. [1]

Como parte de su oferta de programas académicos la UIS cuenta con los programas de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica (E3T) entre otros reunidos en la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, adscrita a la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.

Como parte de su formación científica los estudiantes de pregrado en la E3T tienen la opción de cursar la asignatura teórico-práctica denominada máquinas eléctricas, el componente práctico consisten en el desarrollo de prácticas que permiten al estudiante afianzar y probar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas.

Para los casos particulares en que se requiere corriente continua el laboratorio cuenta con una fuente de corriente continua la cual alimenta un tablero y por medio de cárcamos y el cableado adecuado llega hasta las mesas de trabajo que así lo requieran.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el levantamiento, rediseño y puesta en funcionamiento de la fuente del laboratorio de máquinas eléctricas.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el levantamiento del plano eléctrico de los circuitos eléctricos de la fuente y hacer el análisis de las necesidades actuales del laboratorio en cuanto a consumo de potencia.
- Realizar el mantenimiento y las adecuaciones necesarias en la fuente, su esquema de conexiones y de derivaciones para garantizar su funcionamiento.
- Diseñar e implementar un sistema adecuado de protecciones eléctricas propias de la fuente y de la acometida, incluyendo señalización y etiquetado.

## **2. ESTADO INICIAL DE LA FUENTE**

Se encontró una fuente de corriente continua en un estado visible de deterioro, se observan algunos componentes electrónicos a pedazos por lo que no es posible identificar a qué tipo de circuito pertenecen o cual era su finalidad.

La fuente tenía una capacidad parcial de funcionamiento, pues era visible el deterioro en algunos de sus componentes o en sus etapas las cuales se pueden denominar de la siguiente manera:

- Conexiones de entrada
- Transformador
- Rectificadores
- Conexiones de salida

### **2.1 CONEXIONES DE ENTRADA**

Como parte de las conexiones de entrada se encontraron los conductores provenientes del tablero de alimentación principal del laboratorio, correspondientes a conductores calibre 4, estos presentaban fisuras en el recubrimiento y empalmes en algunos tramos. Debido al mal estado de estos conductores no se encuentran en uso.

No se encontró ningún tipo de protección eléctrica. De manera que se está alimentando el transformador directamente de la red eléctrica sin ningún tipo de protección. Adicionalmente la fuente en su conjunto no cuenta con una conexión a tierra y en el transformador no se identifica la existencia de un punto conexión al neutro asumiendo el lado secundario como una conexión tipo Y.

Figura 1. Estado inicial de las conexiones de entrada



## 2.2. TRANSFORMADOR

El transformador se encontró en muy mal estado, aunque en funcionamiento, los conductores de alimentación se encontraban quebrados y empalmados en algunos casos. Se encontraron modificaciones artesanales y se encontró el aislamiento del bobinado en mal estado. Al realizar la prueba aislamiento ninguno de los niveles de tensión proporcionó una resistencia de aislamiento superior a 800 M $\Omega$ .

Las láminas del núcleo presentaban deterioro, algunas se estaban separando y presentaban corrosión

Para las conexiones tanto entrantes como salientes del transformador no se encontró ningún tipo de marcación donde se indicaran los niveles ni si estas correspondían al lado de alta o baja.

Se encontró un panel de conexiones del lado de baja, el cual no contaba con ningún tipo de señalización y para la alimentación en el lado de alta, esta se hacía directamente con conexiones a bornes los cuales estaban ubicados al inicial el bobinado.

Figura 2. Estado inicial del transformador



### **2.3 RECTIFICADORES**

De los niveles de tensión después de salir de los rectificadores solo se encontró uno en funcionamiento, con 6 diodos, los demás puentes rectificadores estaban en mal estado y hacían falta partes, no se encontraron los aislamientos necesarios para la conexión de los diodos al disipador ni para el montaje del disipador a la carcasa. Se encontró el vestigio de un sistema electrónico de control pero no estaba completo ni en funcionamiento.

Figura 3. Estado inicial rectificadores.



## 2.4. CONEXIONES DE SALIDA

Las conexiones de salida de la fuente no se encontraban en funcionamiento, adicionalmente estas se encontraron en el panel delantero dificultando la conexión. Las protecciones de salida no se encontraron en uso y algunas se encontraron defectuosas.

Las conexiones salientes se conectaban directamente a las barras de los puentes rectificadores y el cableado retornaba internamente hacia el panel posterior donde salía y se conectaba al tablero de acuerdo con las necesidades.

Solo se encontró un nivel de tensión cableado hacia el tablero puesto que los demás se encontraban desconectado y el aislamiento de los conductores en mal estado.

Figura 4. Estado inicial de las conexiones de salida



### **3. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **3.1 RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Se realizó una inspección y levantamiento de la carga de las estaciones de trabajo del laboratorio con relación a los requerimientos de corriente continua, adicionalmente se inspeccionaron las conexiones existentes en casa puesto.

Se realizó un levantamiento de los circuitos eléctricos externos relacionados con la fuente de corriente continua y de los requerimientos específicos de cada estación de trabajo, así como el levantamiento de los circuitos eléctricos internos de la fuente de corriente continua y las conexiones con las que esta cuenta.

Durante la etapa de recopilación y selección de la información se hicieron principalmente los siguientes hallazgos:

- El recubrimiento que sirve de protección y/o aislamiento de los conectores se encuentra en muy mal estado tanto en la acometida como al interior de la fuente.
- Las protecciones con las que cuenta la fuente a la entrada no funcionan y para algunas salidas no se encuentran en funcionamiento.
- La mayoría de las protecciones instaladas no se ajustan a las necesidades propias del laboratorio.
- El transformador presenta aislamiento en mal estado en cuanto a las conexiones para alimentación y salida.

- El bobinado está visiblemente deteriorado para algunos niveles de tensión y el aislamiento es escaso.
- Solo se encuentra activo un nivel de tensión a la salida, puesto que los demás carecen de diodos para la rectificación.
- No existe ningún tipo de señalización al interior de la fuente, tampoco existe un plano o diagrama de las conexiones.
- Los diodos rectificadores con los que originalmente contaba la fuente poseen una característica de corriente de 350 A y una tensión de 600 V, se encontraron 12 diodos de más de 300 A instalados en la fuente.

Durante el proceso de recopilación de la información se realizó un registro fotográfico de las condiciones mencionadas<sup>1</sup>.

### **3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Con la información que se obtuvo al realizar la recopilación y selección se determinó que era necesario realizar mantenimiento y reparación al transformador puesto que no sería posible habilitar los niveles de tensión que no se encontraban en uso debido a los problemas de aislamiento ya que algunos se encontraban en corto.

Adicional al mantenimiento del bobinado se identificó la necesidad de hacer mantenimiento al núcleo puesto que el conjunto de láminas presenta un avanzado estado de deterioro en algunas zonas, por lo que se consideró necesario desmontar el transformador de su base y realizar el correspondiente mantenimiento a cada una

---

<sup>1</sup> Ver anexo A. Registro fotográfico del estado inicial de la fuente

de sus partes.

Las conexiones internas en la fuente carecen de señalización por lo que se considera necesario implementar un sistema de conexiones señalizado que facilite la revisión, mantenimiento y conexión de los elementos tanto para la alimentación de la fuente como para las conexiones de salida.

Se hace necesario cambiar el sistema de conexión para la alimentación y para las salidas del transformador de manera que se mejore la seguridad con relación a la manipulación de la fuente.

La fuente cuenta con un indicador de funcionamiento pero ese no se encuentra en uso. De manera que se hace necesario agregar indicadores que permitan conocer el estado de funcionamiento de la fuente.

La estructura metálica de la fuente se encuentra en avanzado estado de deterioro de manera que se hace necesario practicar mantenimiento y reparación a toda la estructura metálica; base del transformador, tapa posterior y tapa superior, para el caso de la tapa frontal se considera la implementación de una pieza en acrílico de manera que sirva como protección adicional al momento de su manipulación.

Los soportes que acoplan el transformador con la base se encuentran deteriorados así como sus herrajes así que se debe considerar su remplazo, estos no cuentan con ningún tipo de aislamiento o adecuación.

Con relación a la rectificación sería posible como parte de otra actividad no relacionada con este trabajo la implementación de un sistema de control, por lo que se debe considerar la implementación de sistemas de medida y posibilidades de comunicación para posterior integración del alcance de este trabajo con futuras adecuaciones.

### **3.3. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN.**

Dado que algunas de las protecciones se encontraban deterioradas se proyectó el remplazo de todas ellas, tanto en la entrada como en la salida, todo esto teniendo en cuenta los requerimientos de las estaciones de trabajo como la potencia de la fuente.

De acuerdo con las cargas instaladas en las estaciones de trabajo del laboratorio, se estableció un límite de 50 A por nivel de tensión, de manera que las protecciones, conductores y semiconductores deben cumplir con estas características.

Se realizaron pruebas individuales de los diodos rectificadores, con 12 diodos de más de 300 A que se encontraban en buen estado, se consideró mantener 3 niveles de tensión con diodos de más de 300 A e implementar diodos con menor característica de corriente para el nivel más bajo de tensión<sup>2</sup>.

Se analizó la posibilidad de reformar el devanado del transformador, y el remplazo de los componentes propios de la fuente que sean necesarios, de acuerdo con un análisis de disponibilidad comercial el tipo de componentes que serán instalados para garantizar los diferentes niveles de tensión requeridos.

En cuanto al caso particular del bobinado del transformador una gran parte presenta deterioro por lo que se hace necesario revisar el aislamiento usado al bobinar y hacer las correcciones necesarias también es importante aislar los conductores hasta llegar a una baquelita de conexiones que debe instalarse en la parte superior del transformador para permitir el conexionado del mismo.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se estableció un plan de trabajo

---

<sup>2</sup> Ver anexo B. Descripción del equipo utilizado

para darle orden al desarrollo de las actividades considerando las siguientes observaciones en el orden que se presentan:

- Se requiere intervenir inicialmente el transformador para determinar su capacidad de operación y la ubicación de las conexiones y elementos a instalar.
- Se debe hacer mantenimiento a la estructura de la fuente para determinar su usabilidad.
- Se deben hacer pruebas de los semiconductores de manera que establezca la cantidad de ellos que deben ser reemplazados.
- Se debe comprobar la disponibilidad comercial de los elementos a reemplazarse o instalarse como es el caso de las protecciones, los semiconductores y los aislamientos.
- Se debe establecer un sistema de medición y visualización para la tensión y la corriente de salida.
- Se deben incluir indicadores que permitan conocer el estado de la fuente durante su operación.
- Se debe considerar la posibilidad de la implementación posterior de un sistema de control y regulación electrónico de la salida, en cuanto al espacio interno en la carcasa para el alojamiento del sistema y en la manera que se puedan facilitar las conexiones.

## 4. REDISEÑO DE LA FUENTE

### 4.1 TRANSFORMADOR

Durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio que involucran corriente de DC se hace uso de esta fuente principalmente con niveles variables de tensión desde 0 hasta 220 V, considerando que las estaciones de trabajo cuentan con doble cableado que puede ser para AC o DC se determinó que se debe ajustar el transformador para lograr los niveles de tensión y de corriente de salida en el transformador que se relacionan en la tabla 1 para ser entregados en corriente alterna al conjunto rectificadores de manera independiente, de forma que se puedan usar hasta dos de estos niveles simultáneamente, dada el cableado existente en el laboratorio.

Tabla 1. Tensión y corriente en la salida

Tensión de salida [V]	Capacidad de corriente [A]
220	50
110	50
48	50
24	50

A las láminas del núcleo se les debe practicar mantenimiento, las que se encuentren sueltas deben ser reagrupadas de manera que no se continúen separando del grupo.

Se debe impregnar con barniz dieléctrico el conjunto de conectores que entran y salen del transformador, así como la baquelita de conexiones.

Se recomienda el horneado de la parte activa del transformador, de manera que se garantice el funcionamiento de sus componentes. Se debe implementar un aislamiento apropiado para el bobinado así como se debe emplear el tipo de conductor correcto considerando los niveles de tensión y la capacidad de corriente para cada uno.

Se analizó el consumo de corriente para una estación de trabajo estándar de pruebas del laboratorio, para los equipos que se encuentran disponibles en cada una de ellas los cuales presentan placas que indican la potencia y el consumo, en la figura 5 se observa una muestra de las placas de los motores empleados actualmente en el laboratorio.

Figura 5. Placas de motores ubicados en las mesas de trabajo.



Se analizó la corriente suministrada a las estaciones de trabajo para una jornada de trabajo la cual se mantuvo para todas las mediciones en las prácticas por debajo de 9 A, de manera que se consideró 12 A como el límite del requerimiento de corriente para cada estación de trabajo.

Al disponer de cuatro estaciones de trabajo en el laboratorio para el tipo de prácticas que requieren de corriente continua y teniendo en cuenta que existen dos motores que requieren de corriente continua, que son empleados para demostraciones y que la intensidad de corriente que requieren los mismos no supera los 30 A, se validan los datos presentados en la tabla 1.

## **4.2 RECTIFICACIÓN**

La etapa de rectificación consiste de una serie de puentes trifásicos de onda completa, haciendo uso de 6 diodos por niveles de tensión los cuales deben cumplir con la capacidad de corriente y de tensión.

Ya que solo se encuentra un nivel de tensión activo y en operación se hace necesario instalar los diodos restantes que permitan habilitar los demás niveles de tensión. Estos deben ser tipo espárrago debido al diseño interno de las conexiones para las cuales se emplean dos piezas de disipador enfrentadas de manera que en una pieza se encuentran conectadas por el ánodo y en la otra pieza se encuentran conectadas por el cátodo asemejando así un puente trifásico de onda completa.

Los diodos de acuerdo con el diseño original son tipo negativo, es decir que el ánodo se encuentra en el espárrago y hace su camino hacia el cátodo en la rosca, de manera que se pueda realizar el montaje correctamente en los disipadores encarados.

Para las secciones encaradas que deban estar aisladas en el cátodo se deben emplear arandelas aislantes tanto para la rosca como para la parte interna del diodo de manera que se garantice el aislamiento y pueda operar sin corto circuito. Los herrajes, tornillería y soportes deben ser remplazados de manera que si alguno de ellos presenta sulfatación o deterioro de manera que el contacto eléctrico se realice con la menor resistencia posible.

Las secciones encaradas deberán presentar aislamiento de la estructura metálica principal de manera que no se presente malfuncionamiento por algún tipo de conducción eléctrica que se pueda presentar entre secciones de los rectificadores.

#### **4.3 PROTECCIONES Y CARCAZA**

Es necesario instalar las protecciones adecuadas que permitan una operación segura acorde con la capacidad instalada de la fuente y los requerimientos de potencia de las estaciones de trabajo de manera que deben existir protecciones en la entrada considerando que se pueden llegar a manejar hasta 2 niveles de tensión de manera simultánea y que la intensidad de corriente máxima por nivel es de 50 A de manera que de ninguna manera se pueden sobre pasar 100 A, a la entrada de la fuente o 50 A en cualquiera de sus salidas.

Dado el estado de las tapas es necesario remover el óxido y realizar el trabajo de pintura de manera que esta también ayude al aislamiento del equipo y sirva como protección para el usuario.

#### **4.4 ELEMENTOS DE MEDIDA**

Se deben instalar instrumentos que permitan conocer los niveles de tensión y de corriente a la salida de la fuente de manera que se pueda hacer monitoreo o

comprobación visual de estas medidas.

Adicionalmente se debe constar con un sistema que permita usar estas mediciones o señales en aplicaciones posteriores considerando futuras aplicaciones de comunicación o de control.

## **5. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS**

### **5.1. CONEXIONES**

Se usaron manecillas calibre 6 para los cables de acuerdo con las conexiones que así lo requirieran que para el caso de la entrada van de la protección de entrada a los bornes de la baquelita de conexiones de entrada del transformador para mejorar la conducción y la seguridad, en los casos que se consideró una mejora se agregó termoencogible en los empalmes realizados entre las manecillas y los conductores.

Se reemplazó toda la tornillería con sus equivalentes en versión inoxidable, para evitar el deterioro y se instalaron herrajes nuevos como el caso de las arandelas y separadores en las conexiones.

### **5.2 TRANSFORMADOR**

La intervención del transformador definió varios aspectos del proyecto pues era el elemento que más atención requería de acuerdo con el estado del mismo, se hizo necesario el desarrollo de las siguientes actividades:

- Ajuste de niveles de tensión a 220, 110, 48 y 24 V: Dado el estado de los bobinados se restringió el uso del transformado a los niveles mencionados.
- Ajuste de bobinas: Se hizo necesario intervenir las bobinas de manera que se pudieran garantizar los niveles de tensión relacionados.
- Horneado de la parte activa: Para garantizar el correcto terminado y funcionamiento del bobinado se llevó a cabo como proceso de secado.

- Instalación de baquelita para conexiones: Se preparó una baquelita que permitiera centralizar las conexiones correctamente etiquetado.
- Adecuación de culatas y estructura de soporte: La estructura de soporte en general requirió una completa intervención, se remplazaron las varillas de anclaje del núcleo y se realizó mantenimiento de culatas.
- Impregnación con barniz dieléctrico: Se aplicó barniz dieléctrico para mejorar el aislamiento y la seguridad en la baquelita y conductores conectados a esta.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento del transformador, pruebas de aislamiento así como pruebas de relación de transformación.

Con relación a las pruebas realizadas sobre el transformador y de acuerdo con la norma técnica<sup>3</sup>, se tomó nota de los resultados para:

- Relación de transformación (TTR)<sup>4</sup>
- Medición de aislamiento de los devanados<sup>5</sup>

En la figura 6 se observa el transformador conectado para la realización de pruebas de laboratorio de acuerdo con la norma, con lo que se comprobó su correcto funcionamiento. Adicionalmente se realizaron pruebas de carga de hasta 12 kVA.

---

<sup>3</sup> Se empleó un Megger 5kV

<sup>4</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA – NTC 471, Transformadores. Relación de transformación.

<sup>5</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA – NTC 3654, Transformadores de potencia tipo seco.

Figura 6. Transformador conectado para pruebas



Como se observa en la tabla 2 se obtuvieron después de la intervención valores elevados de resistencia para los aislamientos en los devanados. En este caso se empleó un nivel de tensión de 5000 V y dos tiempos diferentes como son 30 segundos y 60 segundos.

Tabla 2. Resistencia del aislamiento en el transformador.

RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO						
TENSIÓN PRUEBA	AT CONTRA BT		BT CONTRA AT Y TIERRA		AT CONTRA BT Y TIERRA	
	30 Segundos	1 Minuto	30 Segundos	1 Minuto	30 Segundos	1 Minuto
5000 V	870 MΩ	1.05 GΩ	785 MΩ	990 MΩ	900 MΩ	1.25 GΩ

En la tabla 3 se hace un resumen de las relaciones de transformación calculadas

mediante prueba para los diferentes niveles de tensión requeridos, de manera que conste para cualquier referencia futura o en el caso de ampliar el la capacidad de control de la fuente mediante algún sistema de control.

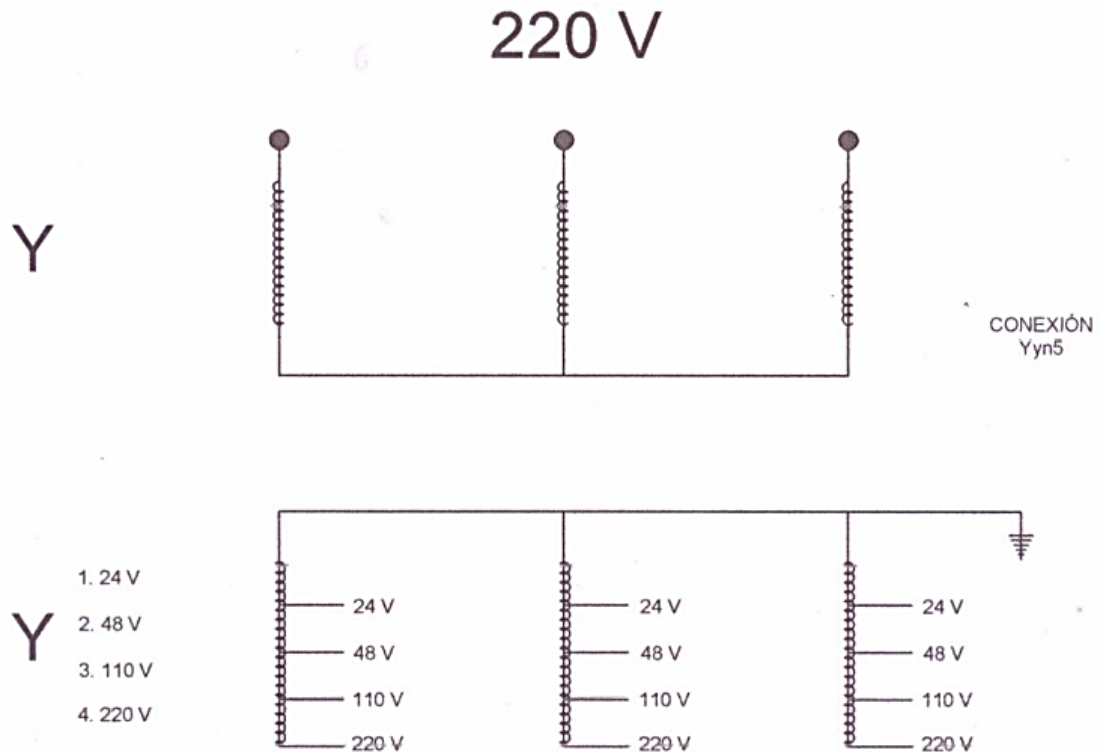
Tabla 3. Resultados de pruebas de relación de transformación (TTR)

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN								
POSICIÓN	TENSIÓN DERIVACIÓN [V]	FASE U		FASE V		FASE W		NOMINAL
		Relación	Excitación [mA]	Relación	Excitación [mA]	Relación	Excitación [mA]	
1	24	15.849	17.2	15.636	17.2	15.442	17.3	15.876
2	48	7.948	17.4	7.265	17.3	7.414	17.1	7.938
3	110	3.410	17.2	3.215	17.4	3.096	17.2	3.464
4	220	1.70	17.3	1.68	17.2	1.64	17.3	1.70

Se elaboró un esquema de la arquitectura del transformador de manera que se pueda tener registro del mismo, se aprecia en la figura 7 que se cuenta con una conexión Y-Y, para el lado de baja se instaló un borne en la baquelita de conexiones correspondiente con el neutro.

Como se observa en la figura 7 encontramos una conexión en el transformador está conectado internamente mediante un esquema tipo Yyn5, se observa que por el lado del primario está conectado en Y, así mismo por el secundario está conectado en Y se observan las derivaciones para los niveles adicionales de tensión. De la misma conexión en Y surge un neutro común a todos los niveles.

Figura 7 Esquema de la conexión interna del transformador trifásico

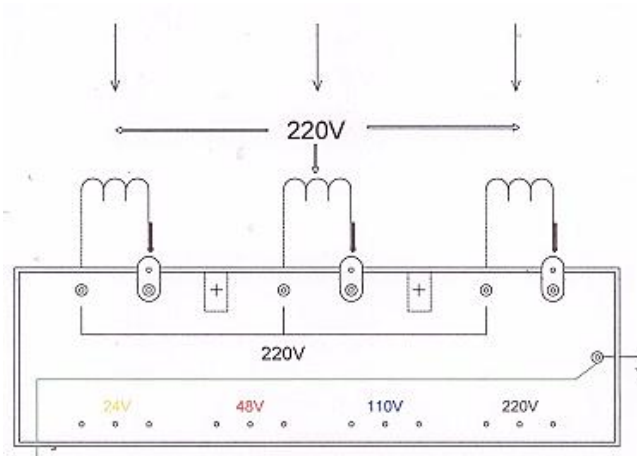


Como se mencionó previamente, se instaló un borne para el neutro en el lado de baja en la baquelita de conexiones, se presentan expuestas a la vista todas las conexiones realizadas en el transformador tanto en el lado de baja como en el lado de alta de manera que se puedan identificar rápidamente las conexiones y el esquema de funcionamiento del transformador.

En la figura 8 se detalla el esquema de la baquelita para conexiones que se instaló en la parte superior del transformador, allí se realizan tanto las conexiones que alimentan el primario del transformador como las conexiones salientes del transformador para los niveles de tensión que alimentan los puentes rectificadores, adicionalmente se observa el nodo correspondiente al neutro en el lado de alta del transformador.

Esta baquelita de conexiones recibió un tratamiento con barniz dieléctrico de con el objetivo de mejorar el aislamiento.

Figura 8. Detalle de neutro común para niveles de tensión.



### 5.3 RECTIFICACIÓN

Para el caso de los puentes rectificadores se hizo necesario instalar diodos para completar los faltantes, para el caso de los tres niveles más altos se mantuvieron las características de fabricación y para el nivel más bajo, y dadas las características deseadas se instalaron en la fuente semiconductores de acuerdo con la siguiente relación:

Tabla 4. Diodos instalados en la fuente

Tensión AC [V]	Modelo	Corriente A	Tensión V
220, 110, 48	3740	275	600
24	SKR-70 <sup>6</sup>	70	1600

<sup>6</sup> Ver anexo E. Hoja de datos SNK 70

Para el montaje se emplearon disipadores existentes, en algunos casos se requirió instalar arandelas de aislante para garantizar el funcionamiento, en estos casos las arandelas fueron hechas a la medida en material aislante y cortadas por láser. En la figura 9 se enseña una sección del aislante existente así como del disipador de aluminio. [4]

Figura 9. Disipador para el puente rectificador

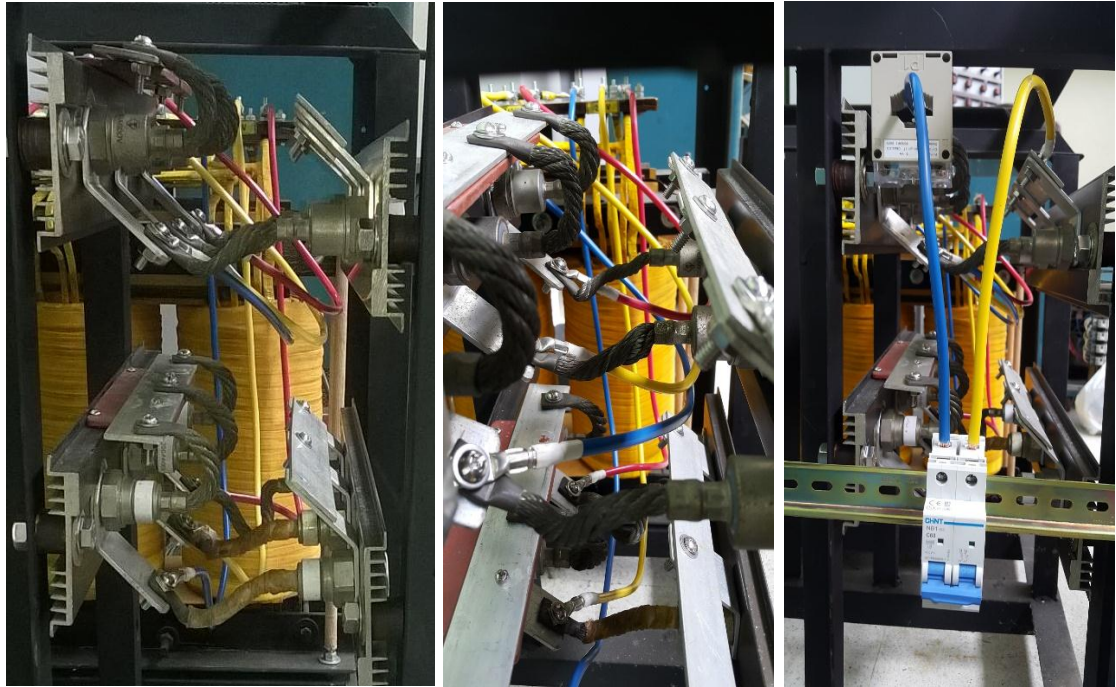


Los diodos como componentes principales de la etapa de rectificación se ensamblan en los disipadores organizados en tríos, de manera que un conjunto se encuentra conectado por el ánodo y el otro por el cátodo.

Dos disipadores frente a frente junto con seis diodos, tres en cada disipador, son ensamblados en un conjunto de manera que se puedan obtener los puentes rectificadores trifásicos de onda completa como se muestra en la figura 10.

Se emplearon láminas de aluminio a manera de nodos para realizar las conexiones tanto de los diodos que se conectan con el ánodo común como de los que emplean una conexión de cátodo común.

Figura 10. Montaje de puentes rectificadores en la carcasa



#### 5.4 PROTECCIONES Y CARCASA

Se instaló una protección trifásica de 63 A para riel a la entrada a manera de protección general de la fuente, de manera que se instaló un segmento de riel tipo omega y se separó de la carcasa usando arandelas de acrílico de para mejorar el aislamiento, para lo cual se adecuó la carcasa de manera que coincidiera con la tapa posterior.

Se instalaron 4 protecciones bipolares a la salida de manera que se pueda conectar independientemente cada nivel de tensión que sale de los rectificadores. Para ello se instaló un riel omega a lo largo del panel frontal de manera que permita la instalación de nuevo elementos o la modificación futura de la configuración.

La estructura metálica interna recibió un mantenimiento general que incluyo

remoción de la pintura anterior y tratamiento para la corrosión, se adelantó un trabajo de pintura a varias capas donde se incluyeron pintura anticorrosiva y tratamiento para evitar el deterioro.

El igual que estructura interna las tapas exteriores recibieron un mantenimiento completo donde se removió el óxido y se aplicó un tratamiento completo con anticorrosivo y pintura brillante para darle un mejor aspecto.

Se instaló el panel frontal en acrílico de manera que se pueda visualizar internamente la fuente y algunos aspectos particulares de la construcción de la misma, lo que además permite flexibilidad en caso de que se deseen instalar nuevas etapas a la fuente.

## **5.5. ELEMENTOS DE MEDIDA**

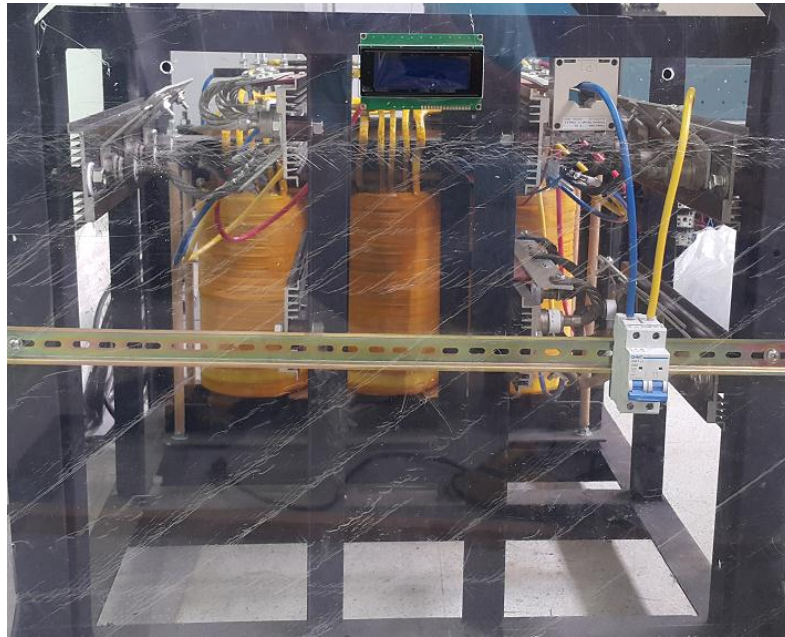
Se instalaron instrumentos para realizar la medición del nivel de tensión así como el valor de la corriente continua en la salida. Transformadores de corriente<sup>7</sup> en la salida permiten adecuar la intensidad de corriente y permitir su análisis electrónico mediante el sensor ACS712<sup>8</sup>, los valores de corriente junto con los valores de tensión se presentan en una pantalla LCD de 20x4 caracteres ubicada en el panel frontal de la fuente como se muestra en la figura 11. [5]

---

<sup>7</sup> Ver anexo G. Hoja de datos del transformador de corriente 54190 msq30 EBCHQ

<sup>8</sup> Ver anexo F. Hoja de datos del sensor ACS712

Figura 11. Adecuación del panel frontal de la fuente



## 5.6. RESULTADOS DE PRUEBAS

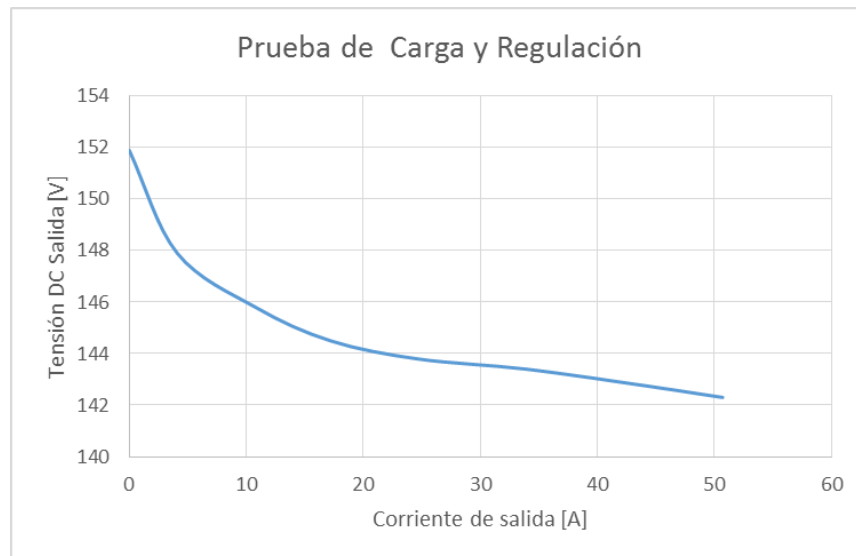
Se realizaron pruebas a la capacidad nominal de la fuente, para lo que se prepararon 4 resistencias de hasta 4kVA cada una y 30 cargas de hasta 80 VA para un total de 2.4 kVA que permitieron llegar a los niveles deseados, esta combinación permitió hacer mediciones mediante una transición mucho más suave, ya la carga nominal que se alcanzó fue de 7.214 Watt, con una corriente de 50,7 Amperes. Los resultados de esta prueba se observan en tabla 5.

Tabla 5. Resultados prueba capacidad nominal

$I_{out}$ [A]	DC [V]	$T_{transformador}$
0	151,9	28,1
4,1	147,9	28,2
10,8	145,8	28,4
17,2	144,5	28,5
24,6	143,8	28,6
33,9	143,4	28,8
43,4	142,8	28,9
50,7	142,3	29,1

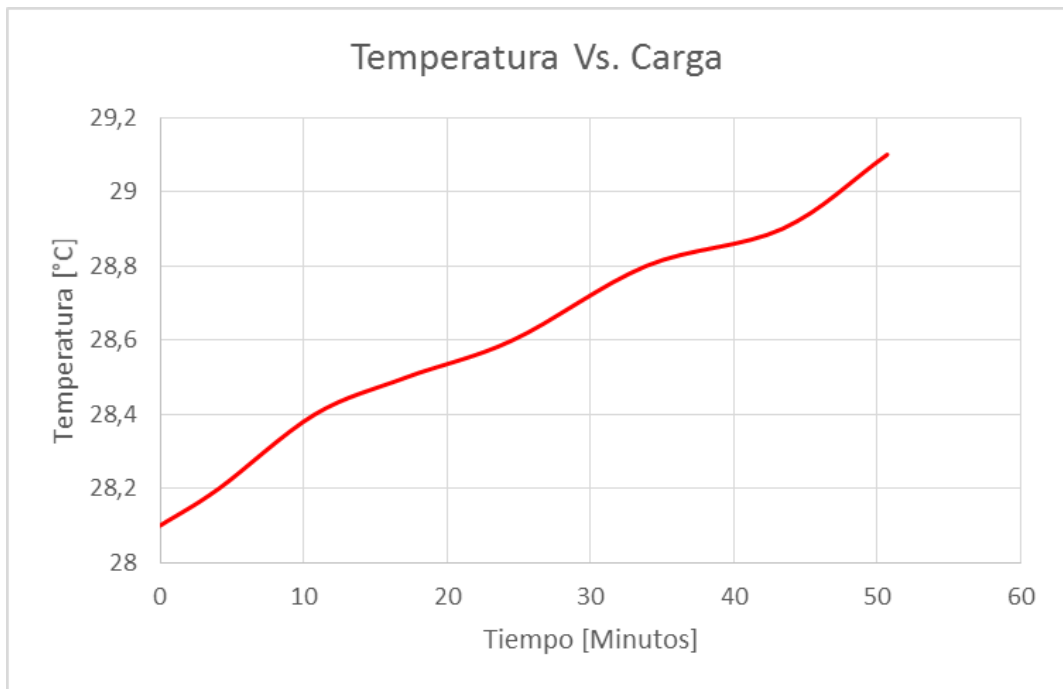
**5.6.1. Prueba de carga y regulación.** Se realizó la prueba de acuerdo con las características mencionadas, donde se alcanzó la capacidad nominal de corriente y se verificó la capacidad de regulación de la fuente donde se obtuvo un caiga de 9,7 Volts cuando se llevó a la capacidad nominal de corriente, mediante los bancos de carga instalados. Los resultados para esta prueba se pueden observar en la figura 12.

Figura 12. Prueba de carga y regulación.



**5.6.2. Prueba de carga y temperatura.** De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 12 se realizó la prueba de temperatura, donde para cada nivel de carga se dio una espera de 8 minutos con carga de manera que se pudiera realizar un lectura estable a lo largo de una hora, estos resultado de temperatura versus carga en la fuente arrojaron el resultado plasmado en la figura 13. [6]

Figura 13. Resultados de prueba de Temperatura Vs. Carga



## 6. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo se recuperó la fuente corriente continua del laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Industrial de Santander, de manera que se pueda seguir utilizando con las condiciones de operación y se seguridad necesarias.

Se realizó el levantamiento de los planos eléctricos y se verificaron los requerimientos de potencia para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y demostraciones especiales, esta información se contempló al momento del rediseño.

Se instalaron protecciones que se ajustan a los requerimientos tanto en la entrada como en la salida de la fuente, adicionalmente se instaló un panel que permite la visualización de los niveles de operación.

Durante el ajuste al bobinado se realizaron pruebas para caracterización del transformador y se determinó que la potencia del transformador en operación continua es cercana a las 12 kVA.

Aunque los semiconductores instalados sobrepasan el la especificación de corriente se mantuvieron así y se completaron los principales niveles con diodos de este tipo de manera que no haya inconvenientes por la intensidad de la corriente circulando por al área rectificación.

## 7. RECOMENDACIONES

Dado que la característica de control era prácticamente inexistente se presenta como recomendación el desarrollo de una etapa que podría considerar el remplazo de un juego de diodos para ajustar electrónicamente el nivel de salida del nivel fijo de tensión.

El diseño contemplo conservar espacio suficiente para alojar nuevos elementos como sensores o sistemas de comunicación de manera que haciendo uso de los sensores actuales se pueden instalar sistemas que permitan monitorear con mayor detalle el funcionamiento de la máquina.

La acometida principal de alimentación de la fuente se encuentra deteriorada de manera que no es seguro realizar ningún tipo de conexión directamente a esta, por lo que se debe considerar su remplazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Presentación de Bienestar Universitario. Recuperado el 07 de julio de 2016 en: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/bienestarUniversitario/presentacion.jsp>

[2] W. HART, Daniel. “Electrónica de Potencia”. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. 2001.

[3] RASHID, Mark M. “Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones”. Editorial Pearson Educación. 2004

[4] Introduction to Modern Power Electronics, Andrzej M. Trzynadlowski, John Wiley & Sons, 2010. pp. 436.

[5] HALL EFFECT DEVICES. Segunda edición, R.S. Popovic, CRC Press, 2003, pp. 420.

[6] PÉREZ, Joe. Fundamental Principles of Transformer Thermal Loading and Protection. Recuperado el 08 de Julio del 2016 en: [https://www.l-3.com/private/pacific\\_crest/articles/Fundamental\\_Principles\\_Of\\_Transformer\\_Thermal>Loading\\_And\\_Protection\\_ERLPhase\\_TexasAM2010.pdf](https://www.l-3.com/private/pacific_crest/articles/Fundamental_Principles_Of_Transformer_Thermal>Loading_And_Protection_ERLPhase_TexasAM2010.pdf)

## BIBLIOGRAFÍA

HALL EFFECT DEVICES. Segunda edición, R.S. Popovic, CRC Press, 2003. pp. 420

Introduction to Modern Power Electronics, Andrzej M. Trzynadlowski, John Wiley & Sons, 2010. pp. 436.

PÉREZ, Joe. Fundamental Principles of Transformer Thermal Loading and Protection. Recuperado el 08 de Julio del 2016 en: [https://www.l-3.com/private/pacific\\_crest/articles/Fundamental\\_Principles\\_Of\\_Transformer\\_Thermal>Loading\\_And\\_Protection\\_ERLPhase\\_TexasAM2010.pdf](https://www.l-3.com/private/pacific_crest/articles/Fundamental_Principles_Of_Transformer_Thermal>Loading_And_Protection_ERLPhase_TexasAM2010.pdf)

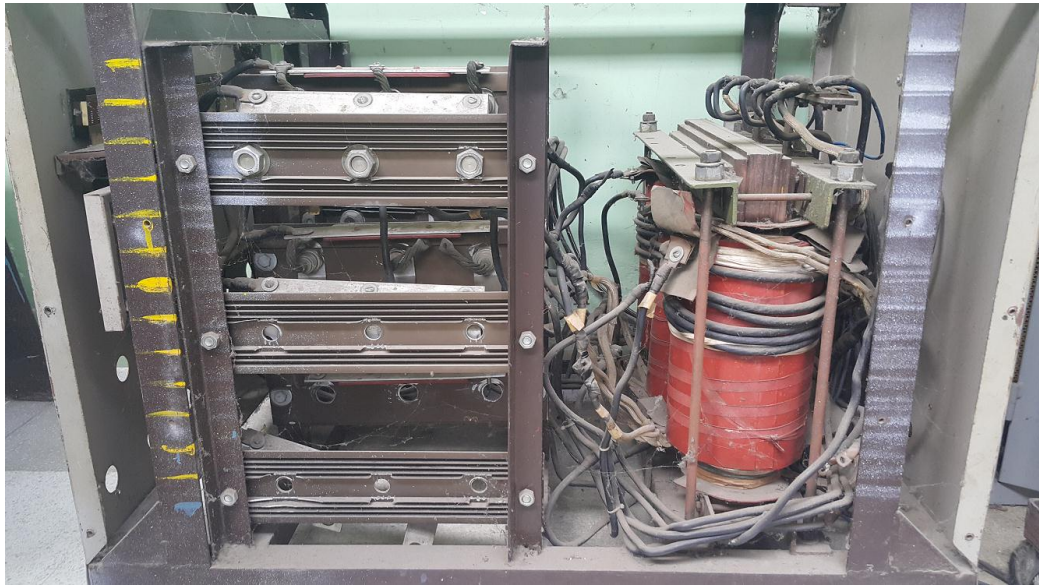
RASHID, Mark M. "Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones". Editorial Pearson Educación. 2004

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Presentación de Bienestar Universitario. Recuperado el 07 de julio de 2016 en: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/bienestarUniversitario/presentacion.jsp>

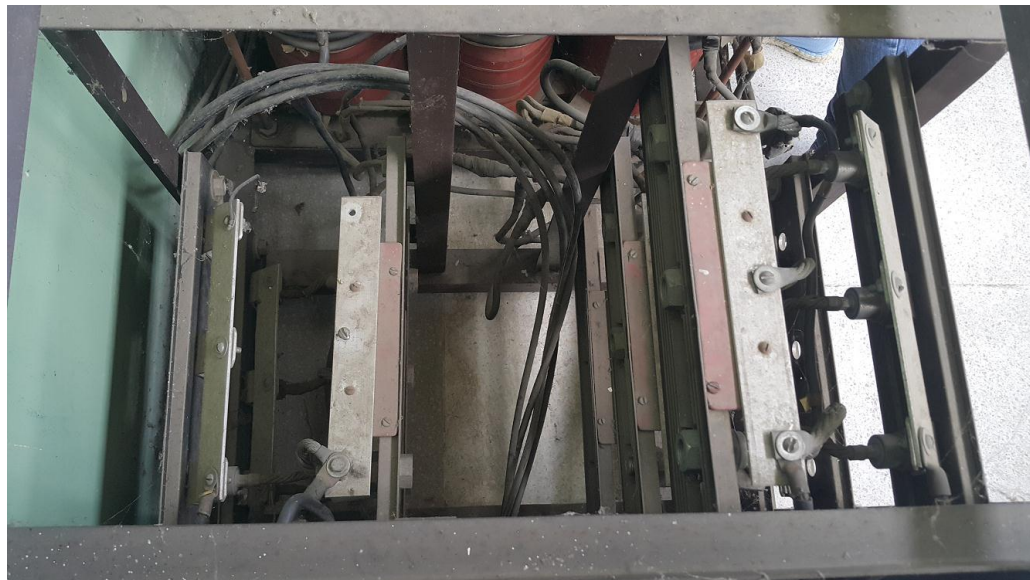
W. HART, Daniel. "Electrónica de Potencia". Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. 2001.

# **ANEXOS**

## Anexo A. Registro fotográfico estado inicial de la fuente



Estado inicial del transformador y los rectificadores



Vista superior del estado inicial de los rectificadores



Estado inicial de la fuente, vista frontal

## Anexo B. Descripción del equipo utilizado

Como parte del proceso de este proyecto se realizaron una serie de mediciones que permitieron comprobar el funcionamiento de los elementos y determinar los requerimientos de potencia de la fuente con relación a los equipos que van a alimentar con ella.

Los principales equipos empleados fueron:

- Pinza amperimétrica
- Multímetro

### PINZA AMPERIMÉTRICA



UNI-T, Pinza amperimétrica modelo UT203

La pinza amperimétrica se emplea para medir la corriente que circula en un conductor cuando no se facilita la desconexión del circuito, de manera que se realiza una medida indirecta al detectar y medir el campo magnético generado por el paso de los portadores de carga a través de un conductor. Se presenta un acople magnético con una bobina ubicada en la pinza del instrumento.

## Proceso de medición

Se selecciona en el instrumento la función correspondiente a medición de corriente y se verifica que se encuentre encendido, se procede a abrir la pinza y rodear el conductor al cual se le desea realizar la medición, en la pantalla del equipo se visualiza la medición.

## Información General del Instrumento

Marca y referencia: UNI-T UT203

Tensión: Max 600 V AC/DC

Corriente: 400 A AC/DC

Resistencia: 400  $\Omega$  / 40 M  $\Omega$

Batería: 9 V NEDA 1604 6F22 006P

## MULTÍMETRO



UNI-T. Multímetro UT33C

El multímetro se emplea para realizar múltiples mediciones eléctricas, para este caso particular se emplearon las funciones de medición de tensión, continuidad, resistencia entre otros. De manera que se comprobó el funcionamiento de componentes o el funcionamiento de fuentes de corriente.

## Proceso de medición

Se selecciona en el instrumento la función deseada y se verifica que se encuentre encendido, se procede mediante las puntas que incluye el equipo a hacer contacto con los terminales del equipo o componente al que se le desea hacer la medición, en la pantalla del equipo se visualiza la medición.

## Información General del Instrumento

Marca y referencia: UNI-T UT33C 5

Tensión: Max 200 V AC/DC

Corriente: 10 A AC/DC

Resistencia: 400  $\Omega$  / 40 M  $\Omega$

Protección de Sobrecargas

Batería: 9 V NEDA 1604 6F22 006P

## MEGGER



Fluke. 1507 para medición de resistencia de aislamiento

Este dispositivo se emplea para hacer la medición de la resistencia del aislamiento, permite hacer medidas probando con diferentes niveles de tensión.

## **Proceso de medición**

Se selecciona en el instrumento el nivel de tensión deseado y se verifica que se encuentre encendido, se procede mediante las conexiones que incluye el equipo a hacer contacto con los terminales a los cuales se desea aplicar el proceso de medición.

## **Información General del Instrumento**

Marca y referencia: Fluke. 1507

Rango de Resistencia: 0  $\Omega$  a 10 G $\Omega$

Tensiones de prueba: 50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V

Batería: Cuatro baterías alcalinas AA (NEDA 15 A o IEC LR6)

## Anexo C. Características del multímetro UT33C

Model UT33B/C/D: OPERATING MANUAL  
General Specifications(1)

**UNI-T®**




- When square wave output testing has been completed, disconnect the connection between the testing leads and the circuit under test.

### General Specifications

- Maximum Voltage (including transient overvoltage) between any Terminals and Grounding: 500V rms.
- $\Delta$ Fused Protection for V $\Omega$ mA Input Terminal: 315mA, 250V fast type,  $\phi$ 5x20 mm
- 10A Terminal: Un-fused.
- Range: Manual ranging
- Maximum Display: Display: 1999.
- Measurement Speed: Updates 2~3 times /second.
- Temperature:
  - Operating: 0°C~40°C (32°F~104 °F).
  - Storage: -10°C~50°C (14°F~122°F).
- Relative Humidity:  $\leq$ 75% @ 0°C - 30°C;  $\leq$ 50% @ 31 - 40°C.

**UNI-T®**

Model UT33B/C/D: OPERATING MANUAL  
General Specifications(2)

- Altitude: Operating: 2000 m.  
Storage: 10000 m.
- Battery Type: One piece of 9V Battery NEDA 1604 or 6F22 or 006P.
- Battery Deficiency: Display: .
- Negative reading: Display: .
- Overloading: Display: 1.
- Dimensions (HxWxL): 130 x 73.5 x 35mm.
- Weight: Approx. 156g (battery included).
- Safety/Compliances: IEC61010 CAT.I 600V overvoltage and double insulation standard.
- Certification: 


## Anexo D. Características de la pinza UT203

**UNI-T®**

Model UT203/204: OPERATING MANUAL

### Specifications

#### A. General Specifications:

- Maximum Voltage between any Terminals and grounding: Refer to different range input protection voltage.
- Display: 3 3/4 digits LCD display, Maximum display 3999
- Polarity: Automatically display.
- Overloading: Display OL or -OL
- Battery Deficiency: Display 
- Measurement Speed: Updates 3 times/second.
- Measurement Deviation: The conductor being measured is not placed in the center of the jawt during AC/DC current measurement, it will cause extra  $\pm 1\%$  deviation based on the stated accuracy.
- Drop Test: 1 meter drop test passed.
- Max. Jaw Size: 28mm diameter.
- Projected Max. Current conductor size: 26mm diameter.
- Electro-Magnetic: When carrying out measurement near the electro-magnetic, it may cause unstable or wrong reading.
- Power: 1 x 9V battery (NEDA1604 or 6F22 or 006P)

**UNI-T®**

Model UT203/204: OPERATING MANUAL

- Battery Life: typically 150hours (alkaline battery)
- Sleep Mode (can be disabled)
- Dimensions (H x W x L): 208mm x 76mm x 30mm.
- Weight: Approximate 260g (battery included)

#### B. Environmental Requirements

- The Meter is suitable for indoor use.
- Altitude: Operating: 2000m  
Storage: 10000m
- Safety/ Compliances: IEC 61010 CAT.II 600V, CAT.III 300V over voltage and double insulation standard.
- Temperature and humidity:  
Operating: 0°C~30°C ( $\leq 85\%R.H$ );  
30°C~40°C ( $\leq 75\%R.H$ );  
40°C~50°C ( $\leq 45\%R.H$ );  
Storage: -20°C~+60°C ( $\leq 85\%R.H$ )

## Anexo E: Hoja de datos SNK 70

### SKN 70



Stud Diode

### Rectifier Diode

SKN 70

SKR 70

#### Features

- Reverse voltages up to 1600 V
- Hermetic metal case with glass insulator
- Threaded stud ISO M8
- SKN: anode to stud, SKR: cathode to stud

#### Typical Applications\*

- All-purpose mean power rectifier diodes
- Cooling via heatsinks
- Non-controllable and half-controllable rectifiers
- Free-wheeling diodes
- Recommended snubber network:  
RC: 0,1  $\mu$ F, 100  $\Omega$  ( $P_R = 2$  W)  
 $R_p = 80$  k $\Omega$  ( $P_R = 6$  W)

$V_{RSM}$ V	$V_{RRM}$ V	$I_{FRMS} = 160$ A (maximum value for continuous operation)		
		$I_{FAV} = 70$ A (sin. 180; $T_c = 125$ °C)		
400	400	SKN 70/04	SKR 70/04	
800	800	SKN 70/08	SKR 70/08	
1200	1200	SKN 70/12	SKR 70/12	
1400	1400	SKN 70/14	SKR 70/14	
1600	1600	SKN 70/16	SKR 70/16	

Symbol	Conditions	Values	Units
$I_{FAV}$	sin. 180; $T_c = 100$ °C	95	A
$I_D$	K 1,1; $T_a = 45$ °C; B2 / B6	112 / 169	A
	K 1,1F; $T_a = 35$ °C; B2 / B6	174 / 246	A
$I_{FSM}$	$T_{vj} = 25$ °C; 10 ms	1150	A
$i_T$	$T_{vj} = 180$ °C; 10 ms	1000	A
	$T_{vj} = 25$ °C; 8,3 ... 10 ms	6600	A <sup>2</sup> s
	$T_{vj} = 180$ °C; 8,3 ... 10 ms	5000	A <sup>2</sup> s
	$T_{vj} = 25$ °C; $I_F = 200$ A	max. 1,5	V
$V_{(TO)}$	$T_{vj} = 180$ °C	max. 0,86	V
$r_T$	$T_{vj} = 180$ °C	max. 3	m $\Omega$
$I_{RD}$	$T_{vj} = 180$ °C; $V_{RD} = V_{RRM}$	max. 10	mA
$Q_{tr}$	$T_{vj} = 160$ °C; - di/dt = 10 A/ $\mu$ s	70	$\mu$ C
$R_{th(j-c)}$		0,66	K/W
$R_{th(c-a)}$		0,2	K/W
$T_{vj}$		- 40 ... + 180	°C
$T_{stg}$		- 55 ... + 180	°C
$V_{isol}$		-	V~
$M_s$	to heatsink	4	Nm
$a$		5 * 9,81	m/s <sup>2</sup>
$m$	approx.	30	g
Case		E 12	

## Anexo F. Hoja de datos del sensor ACS712

### ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

#### Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

#### Selection Guide

Part Number	Packing*	T <sub>A</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>p</sub> (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

\*Contact Allegro for additional packing options.

#### Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		8	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>RCC</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>IOUT</sub>		8	V
Reverse Output Voltage	V <sub>RIOUT</sub>		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>OUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>OUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>p</sub>	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T <sub>J(max)</sub>		165	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>		-65 to 170	°C

#### Isolation Characteristics

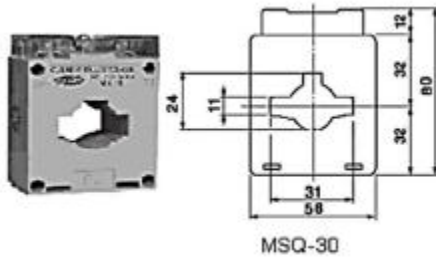
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V <sub>ISO</sub>	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V <sub>WFSI</sub>	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V <sub>pk</sub>
Working Voltage for Reinforced Isolation	V <sub>WFRI</sub>	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V <sub>pk</sub>

\* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

Anexo G. Hoja de datos del transformador de corriente 54190 msq30 EBCHQ

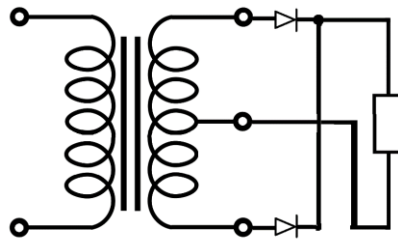
**MSQ Current Transformer**



Refer	Model	Measuring Range	Through Times
54160	MSQ-30	30/5A	1T
54190		100/5A	1T
54200		200/5A	1T

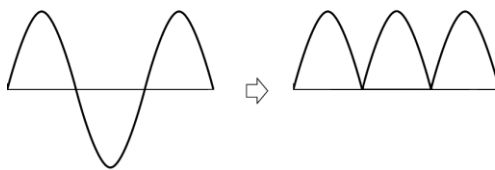
## Anexo H. Introducción a los rectificadores

El proceso de rectificación pretende adecuar una corriente alterna a corriente continua esto se muestra en la figura, esto se puede desarrollar por medio de diodos que básicamente son la primera etapa del proceso de conversión de la corriente alterna en continua, para hacer que esta rectificación funcione adecuadamente se deben conocer los requerimientos previamente de manera que se puedan realizar los cálculos y se puedan instalar los componentes correctos.



Rectificador monofásico de onda completa

La rectificación de onda completa como se observa en la figura transforma la señal sinusoidal, en una señal pulsante de manera que no posee completamente las características de la corriente continua, de manera que se hace necesario agregar componentes que permitan reducir la pulsación en la señal.

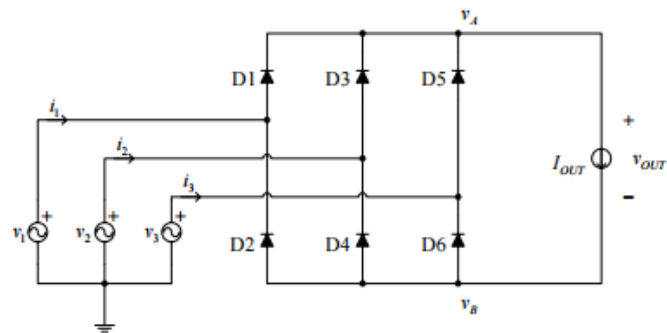


Afectación de la onda por el rectificador

El resultado de la rectificación empleado diodos es la eliminación de la componente negativa de la onda, haciendo que esta pase a la llenar los espacios existentes entre

las crestas de la onda original.

También se puede emplear un circuito de alimentación trifásico para realizar el proceso de rectificación, en este caso el transformador tiene a la salida de la bobina dos diodos por cada fase, es decir seis en total para un nivel de tensión dado, de manera que se rectificará la onda completa. Se puede apreciar en la figura un rectificador trifásico de onda completa donde las salidas del transformador se presentan como fuentes independientes de tensión conectadas aun mismo nodo de tierra o referencia.



Pejovic, P. Rectificador trifásico de onda completa

Para el caso de un rectificador trifásico de onda completa con una carga resistiva podemos determinar la tensión de salida de acuerdo con las siguientes ecuaciones:  
[4]

$$V_{DC} = \frac{2}{\frac{2\pi}{6}} \int_0^{\frac{\pi}{6}} \sqrt{3} V_m \cos(\omega t) d\omega t \quad (2)$$

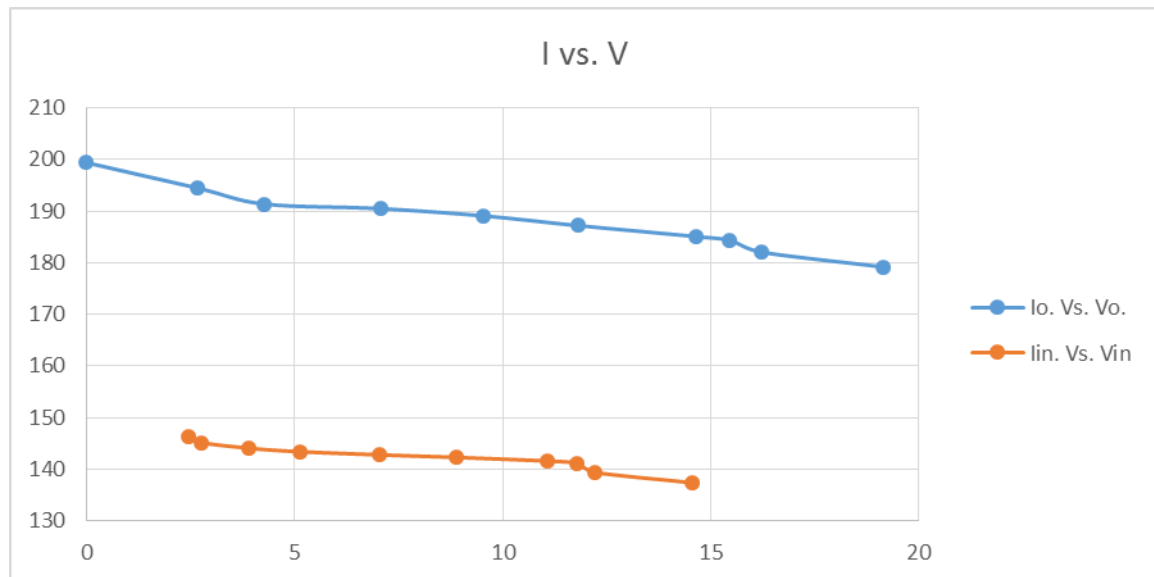
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{\frac{2\pi}{6}} \int_0^{\frac{\pi}{6}} [\sqrt{3} V_m \cos(\omega t) d\omega t]^2} \quad (3)$$

## Anexo I. Resultados de la prueba de hasta media carga

Fuente de continua - Laboratorio de Máquinas  
**Resultados para prueba de carga**  
 Nivel de tensión 1

$I_{out}$ [A]	$I_{fasein}$ [A]	AC [V]	DC [V]
0	2,46	146,4	199,4
2,66	2,75	145,2	194,5
4,28	3,89	144,1	191,4
7,06	5,14	143,4	190,5
9,54	7,04	142,8	189,1
11,83	8,88	142,3	187,2
14,65	11,08	141,6	185,1
15,46	11,77	141,2	184,4
16,21	12,23	139,4	182,1
19,14	14,55	137,4	179,2

Resultados prueba media carga



Resultados para  $I_o$  Vs.  $V_o$ .