

**Instituto de Educación Superior Tecnológico Público  
"De las Fuerzas Armadas"**



**TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

**DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN ESTABILIZADOR  
SERVOMOTOR DE 500 VA DE 220VAC-220VAC AL 2.5 % Y  
TRASFORMADOR DE AISLAMIENTO MONOFÁSICO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN  
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**BUENDIA GONZALES, Cesar Brayan**

**RUIZ PARRA, Jhonny Brayan**

**LIMA, PERÚ**

**2020**



A nuestros padres, quienes nos brindaron la oportunidad de estudiar para alcanzar nuestras metas profesionales, y a nuestros docentes, quienes nos enseñaron arduamente en durante toda nuestra formación académica

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “De las Fuerzas Armadas” (IESTPFFAA) por habernos dado la oportunidad de formarnos como mejores profesionales y por haber despertado en nosotros sentimientos patrióticos.

Al Ejército por los valores aprendidos, por la enseñanza de nuestros oficiales y el amor hacia nuestra patria y orgullo de ser peruanos.

A nuestros compañeros con quienes caminamos en las mismas enseñanzas siempre en compañía de nuestros docentes, en especial, al Lic. Emilio Marcelino Félix Alberto y el Lic. Juan Toribio Mendoza, quienes nos compartieron sus conocimientos y experiencias de vida y contribuyeron de manera importante en alcanzar este logro.

A nuestro queridos asesores de investigación, al Ing. Benjamín Gaspar Zamora y a la Lic. María Valderrama Aguirre, quienes nos orientaron en nuestro proyecto o trabajo de aplicación, gracias por compartir sus conocimientos profesionales e impartir sus sabios consejos y su profesionalismo, el cual admiramos.

## ÍNDICE

	Página
<b>Resumen</b>	i x
<b>Introducción</b>	x
<b>CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA</b>	12
1.1 Formulación del problema	13
1.1.1 Problema general	13
1.1.2 Problemas específicos	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificación	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	15
2.1 Estado de arte	16
2.2.1 Antecedentes de estudio	16
2.2 Bases teóricas	18
2.2.1 Estabilizador	18
2.2.1.1 Tipos de Estabilizadores	18
2.2.1.1.1 Estabilizador Híbrido	18
2.2.1.1.2 Estabilizador Sólido	18
2.2.1.1.3 Estabilizador Servomotor de 500 VA	18
2.2.1.2 Tipos de Tarjetas Electrónicas para Estabilizadores	19
2.2.2.1 Tarjeta de Control de Híbrido	19
2.2.1.2.2 Tarjeta de Control de Estado Sólido	20
2.2.1.2.3 Tarjeta de Control Semipack	21
2.2.1.3 Transformador	24
2.2.1.3.1 Devanado primario	24
2.2.1.3.2 Núcleo	25
2.2.1.3.3 Devanado secundario	26
2.2.1.3.4 Tipos de transformadores	26
2.2.1.3.4.1 Transformador monofásico	.26
2.2.1.3.4.2 Autotransformador monofásico	27
2.2.1.3.4.3 Transformador de aislamiento monofásico	28
2.2.1.3.4.4 Transformador toroidal	29

	Página
2.2.1.3.4.4.1 Tipo de Transformador toroidal	31
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	32
3.1 Finalidad	33
3.2 Propósito	33
3.3 Componentes	33
3.4 Actividades	34
3.5 Limitaciones	41
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	42
4.1 Resultados	43
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	44
5.1 Conclusiones	45
5.2 Recomendaciones	46
<b>REFERENCIAS</b>	47
<b>APÉNDICES</b>	
Apéndice A Cronograma de Actividades	
Apéndice B Cronograma de Presupuestos	
Apéndice C Protocolo de Pruebas en vacío	

## LISTA DE FIGURAS Y TABLA

	Página
Figura 1. Tarjeta de Control Híbrida	19
Figura 2. Diagrama de Conmutacion de Relés	20
Figura 3. Tarjeta con Micro controlador PIC12F675	21
Figura 4. Tarjeta de Control Semipack (vista total)	22
Figura 5. Tarjeta de Control Semipack (vista de frente)	23
Figura 6. Diagrama de Control Semipack	23
Figura 7. Transformador	24
Figura 8. Devanado primario	25
Figura 9. Núcleo	25
Figura 10. Devanado secundario	26
Figura 11. Transformador monofásico	27
Figura 12. Autotransformador monofásico	27
Figura 13. Transformador de aislamiento monofásico	28
Figura 14. Cálculo de un transformador 220/220	29
Figura 15. Fórmula de Cálculo de una Bobina	30
Figura 16. Bobina de un Transformador Toroidal	31
Figura 17. Pinza Amperimétrica	35
Figura 18. Calibración del cobre	35
Figura 19. Bobinado por espiras	36
Figura 20. Aislante de plástico	36
Figura 21. Mecanismo del Transformador Toroidal	37
Figura 22. Direccionamiento y eje del Transformador Toroidal	37
Figura 23. Gabinete y ensamblado	38
Figura 24. Terminal Ojo y uña	38
Figura 25. Cable n°14	39
Figura 26. Unión de aluminio	39
Figura 27. . Rollo de Estaño	39

## Página

Figura 28. Equipos de calibración	40
Figura 29. Pruebas de resistencia	40
Figura 30. Pruebas de medición en vacío	41
Tabla 1. Cálculo de potencia y dimensionamiento del equipo	34

## RESUMEN

El trabajo de aplicación tecnológico denominado “Construcción y diseño de un estabilizador servomotor de 500 VA de 220VAC -220VAC al 2.5 % y transformador de aislamiento monofásico,”. Tiene como objetivo dar a conocer un sistema de distribución de energía diseñado para mantener un nivel de tensión eléctrica constante.

Este equipo estabiliza y protege a los equipos delicados de cargas críticas y la estabiliza, su uso garantiza el voltaje correcto de red eléctrica. Se realizó con diferentes tareas distribuidas entre los miembros del equipo iniciando con la investigación de un estabilizador servomotor con transformador de aislamiento monofásico de 500 VA de 220VAC -220VAC al 2.5 % y así tener una visión del uso.

Asimismo, este estabilizador protege nuestros equipos eléctricos y electrónicos. Con este trabajo aplicativo se mejorará la regulación y estabilidad de la red eléctrica en purificar el ruido y los picos de corriente.

Para ello, se diseñaron el cableado eléctrico del transformador al servomotor controlado por una placa electrónica. Una vez obtenido el diseño se realizó la adquisición de materiales que se necesitaron para su construcción, verificando que este material que se está empleando sea igual al plano del diseño.

Los tipos pruebas de este proyecto se realizaron en prueba de vacío tensión de entrada (VAC), prueba cortocircuito en la tensión nominal (VAC) , prueba de la resistencia de aislamiento, prueba de tensión aplicada a frecuencia industrial y prueba de tensión inducida al primario 220 VAC. Se utilizaron instrumentos para mediciones eléctricas este mide las magnitudes eléctricas y asegura el buen funcionamiento del equipo electrónico.

**Palabras clave :** transformador ,regulación ,magnitudes ,tensión, servomotor.

## INTRODUCCIÓN

Un estabilizador servomotor ajusta el punto de trabajo en el bobinado del transformador para conseguir de nuevo la tensión nominal. La energía eléctrica que se produce en las centrales eléctricas, se transporta hasta las ciudades y zonas habitadas mediante tendidos de cables de cobre conductores de alta tensión a lo largo de centenares de kilómetros por todo el país.

No resulta conveniente que haya una caída de tensión excesiva en el conductor por que el usuario final estaría alimentado por un valor reducido de tensión muy distinto al valor asignado. Todos los días, los equipos electrónicos de las empresas pueden sufrir daños debido a descargas eléctricas, variaciones de voltaje, caídas de tensión, interrupciones o apagones.

Los Estabilizadores de Tensión mantiene un nivel de corriente estable, es decir, sin sobretensiones ni bajas de tensión. Además, los estabilizadores incluyen supresores de picos y tienen filtros que eliminan el ruido eléctrico; también previenen los problemas como el voltaje fuera del especificado por norma, daños permanentes en sus equipos: industriales, eléctricos electrónicos y/o de cómputo para oficinas o hogares. Optimizar y garantizar y que nos puede ahorrar disgustos ya que protege de forma efectiva los aparatos eléctricos.

Planteamos como principal problema, la tensión que nos llega a través de la red de distribución no es constante, sino que se producen una serie de efectos no deseados, pero a la vez inevitables que hacen que la tensión que llega a nuestras casas tenga turbulencias eléctricas, y así causando posibles pérdidas para los dueños de ahí la necesidad de un estabilizador de tensión de servomotor.

El trabajo de aplicación profesional está elaborado en cinco capítulos:

Capítulo I. En esta primera parte se identificó la problemática de las caídas de tensión constantes de diversos distritos de Lima y la implementación de la tarjeta electrónica del estabilizador, estas se plasmaron a través de preguntas, dando como respuesta los objetivos que busca el trabajo aplicativo. .

Capítulo II: En aquel capítulo se buscó información a través de trabajos de investigación relacionados con los prototipos y diseños de estabilizadores servomotor toroidal todo con referencia a nuestro trabajo con la finalidad de realizar un buen proyecto de innovación.

Capítulo III. En este capítulo se realiza la ejecución del trabajo aplicativo, tomando en cuenta las medidas exactas de voltajes y consumo de la zona a trabajar en referencia a ello poder diseñar el producto requerido e indicar su propósito.

Capítulo IV. Se muestra los resultados obtenidos del trabajo de aplicación, de esta manera se tomó en cuenta mejorar o perfeccionar el diseño de modo que no tenga fallas a futuro y que sea un producto confiable.

Capítulo V. se manifiestan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de aplicación. Se concluye con el diseño del estabilizador según los protocolos estándares, dando como resultado su efectividad en el diseño e implementación, asimismo, se logra la verificación correcta para poder plantear su producción a mayor escala y pueda ser factible en el costo para los clientes que deseen su requerimiento de uso.

**CAPÍTULO I**  
**DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1. Formulación del problema**

El problema se presenta cuando existe una inadecuada protección a tus equipos contra descargas eléctricas o cortes de tensión eléctrica, es fundamental un estabilizador servomotor para evitar la pérdida de información y prevenir daños.

### **1.1.1 Problema general**

1.0 ¿Qué elementos deben considerarse en el diseño y construcción del estabilizador servomotor de 500 VA de 220VAC-220VAC al 2.5%, con transformador de aislamiento monofásico, que permita una correcta estabilización del voltaje AC?

### **1.1.2 Problemas específicos**

1.1 ¿De qué manera se debe diseñar la tarjeta electrónica de control servomotor que permita realizar correctamente el desplazamiento del motor DC para estabilizar la señal de voltaje AC?

1.2 ¿Cómo realizar el correcto diseño y dimensionamiento del transformador toroidal con los parámetros requeridos por el usuario?

1.3 ¿Cómo realizar correctamente la implementación y calibración del estabilizador servomotor que permita tener una correcta estabilización de la señal de voltaje AC?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

1.0 Diseñar y construir el estabilizador servomotor de 500 VA de 220VAC-220VAC al 2.5%, con transformador de aislamiento monofásico, para tener una correcta estabilización del voltaje AC ante subtensión y sobre tensión.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1.1 Realizar el diseño la tarjeta electrónica de control servomotor que permita realizar correctamente el desplazamiento del motor DC, para estabilizar la señal de voltaje AC.
- 1.2 Realizar el diseño y dimensionamiento del transformador toroidal con los parámetros requeridos por el usuario, para tener un transformador que soporte el amperaje y cargas a las que será expuesto.
- 1.3 Implementar y calibrar el estabilizador servomotor, para contar con una correcta estabilización de la señal de voltaje AC.

### **1.3. Justificación**

Este trabajo se realiza porque su aplicación es eficiente ya que trabaja dentro de los parámetros de amplia regulación de la tensión de entrada y salida (véase apéndice C).

La construcción y diseño de este estabilizador garantiza la protección de los equipos con una óptima vida de uso siempre y cuando no haya sobrecarga ni exposición a ambientes húmedos ya que esto podría generar un corto circuito en la parte electrónica , además de oxidación de piezas en el sistema mecánico.

Su sistema de precisión trabaja dentro de los parámetros de amplia regulación de tensión de entrada y salida. También nos basamos en el protocolo de pruebas de ensayo (tabla 1) ya que según estos datos pudimos analizar y verificar su amplio sistema de regulación de (170 VAC ) A (250 VAC ) AL 2.5% de su amplio rango.

Con nuestro conocimiento y práctica adquirida hemos considerado realizar este proyecto para dar a conocer el desarrollo tecnológico en el área de electrónica con los estabilizadores servomotor y para que sirva como referencia a futuras investigaciones sobre el tema.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Estado de arte**

Hemos revisado diversas investigaciones relacionadas al sistema de estabilizadores servomotor toroidal planteado en diferentes tipos de conceptos que dieron solución a cada problemática que hubo en función a su actividad y/o funcionamiento, resaltando lo más importante de cada investigación para que pueda aportar en nuestro proyecto.

### **2.1.1 Antecedentes de estudio**

Coca (2017) en su investigación “Procedimiento de diseño de transformadores de intensidad de baja tensión con núcleo toroidal” aborda los referentes teóricos acerca de los transformadores de instrumentación, en particular, los transformadores de intensidad. en el mismo se analizaron sus características principales elementos constructivos, principios de funcionamiento, tipos según su aplicación y diseño de algunos parámetros que definen su clase de efectividad , valores nominales y requisitos, sal final implementaron un procedimiento de diseño, que se puede utilizar para el recalcu, de transformadores de intensidad de baja tensión con núcleo toroidal haciendo la comparación de los resultado que obtuvieron al comparar el diseño que refirió un fabricante

Rico (2019) en su investigación denominado “Diseño y construcción de transformador monofásico de media tensión” tuvo como propósito diseñar y construir un transformador de tensión con núcleo de chapas de E-I CON una capacidad de soporte de 600W Este trabajo describe el diseño y construcción de transformador-elevador de tensión AC, con un valor máximo esperado de salida según diseño de 16 KV (MT).. Adicionalmente, se presentan los cálculos requeridos el número de espiras, las curvas de tensión en vacío y las características finales de construcción. Finalmente, El prototipo sirve como fuente de tensión AC para la realización de pruebas y ensayos a máquinas eléctricas y componentes de redes de media tensión.

Gómez et al., (2020) en su investigación “Movimiento de un ferro fluido en un toroide de sección transversal cuadrada bajo la influencia de campos magnéticos rotativos” incluyeron los principales resultados experimentales relacionados con el flujo axial de un ferro fluido debido a campos magnéticos rotatorios y confinado en un circuito toroidal de sección transversal cuadrada. El prototipo incluye cuatro pares de bobinas ortogonales que rodean sendas porciones del circuito toroidal que conserva una misma distancia . Los campos magnéticos inducidos establecen una onda de campo espacial giratoria en el volumen configurado por cada par de bobinas ortogonales, alimentadas con corrientes desfasadas de  $90^\circ$  eléctricos. Esta onda a su vez, desarrolla un par magnético que se cree que es el responsable del movimiento axial-circular del nanofluido a lo largo del recipiente toroidal. Se realizaron experimentos con ferrofluidos a tres concentraciones de magnetita. Para cada caso se aplicaron diferentes densidades de campo magnético, pudiéndose conocer los valores de tensión y corriente para los cuales se presenta mayor movimiento longitudinal. También, se simuló este sistema utilizando software comercial para estimar las densidades de campo magnético, que fueron luego contrastadas frente a mediciones con sonda. Se observó que este movimiento puede ser descrito utilizando su analogía con un motor eléctrico de inducción monofásico.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Estabilizador**

Este equipo electrónico diseñado y construido mantiene un nivel constante a la tensión de salida, este equipo posee la capacidad de protección a posibles problemas en la línea eléctrica.

#### **2.2.1.1 Tipos de estabilizadores**

En A&A ESTABILIZADORES presenta una gran variedad de estabilizadores pero los que más destacan son:

##### **2.2.1.1.1 Estabilizador híbrido.**

Consta de un transformador con varias salidas de voltaje más un circuito electrónico que elige un voltaje más estable para su uso, aparte tiene dispositivos semiconductores que ayudan a la conmutación.

##### **2.2.1.1.2 Estabilizador sólido.**

Tiene un autotransformador con varias salidas de voltaje más un circuito electrónico que elige un voltaje más estable, tiene triac o semipack para realizar la conmutación a través de los dispositivos semiconductores.

##### **2.2.1.1.3 Estabilizador servomotor de 500 VA.**

Este equipo consta de un transformador toroidal bobinado en espiral unido a engranajes y a un pequeño motor mecánico unido a una tarjeta electrónica.

### 2.2.1.2 Tipos de tarjetas electrónicas para estabilizadores

En A&A ESTABILIZADORES con el paso del tiempo han diseñado y mejorado nuestras tarjetas de control ajustándola con la tecnología que hoy en día se requiere para satisfacer a los consumidores, las tarjetas que resaltan más en nuestra gama son:

#### 2.2.1.2.1 Tarjeta de control híbrido.

Esta tarjeta electrónica tiene tres etapas de funcionamiento:

- a) **Conversión de voltaje AC a DC** : Ingresa el voltaje alterno de 18 VAC al rectificador de puente de diodos para tener voltaje continuo y poder alimentar a la siguiente etapa.
- b) **Sistema de control y sensado** : Ingresa el voltaje dc a un regulador 7812 que se encarga de alimentar al comparador para realizar la función de comparación según los valores sensados.
- c) **Sistema de Conmutación con Relés**: Cuenta con un arreglo de rele que se activan por medio de unos transistores de baja potencia, los rele se activarán según la lógica del diseño con los comparadores; esto permitirá activarlos de tal manera que se realice la estabilización del voltaje de salida AC.



Figura 1. Tarjeta de Control Híbrida

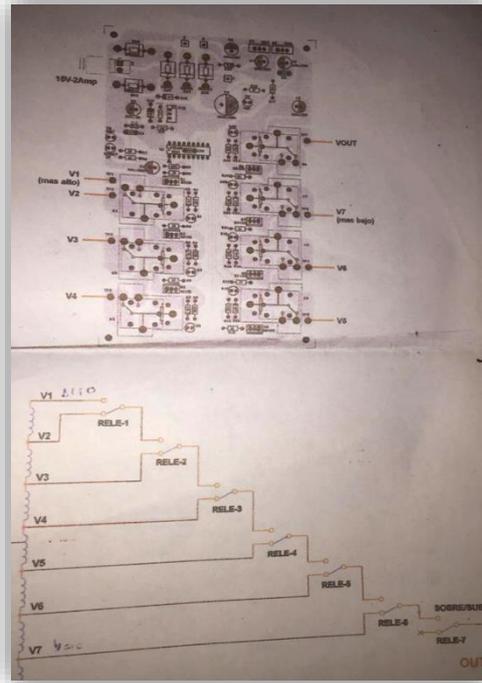


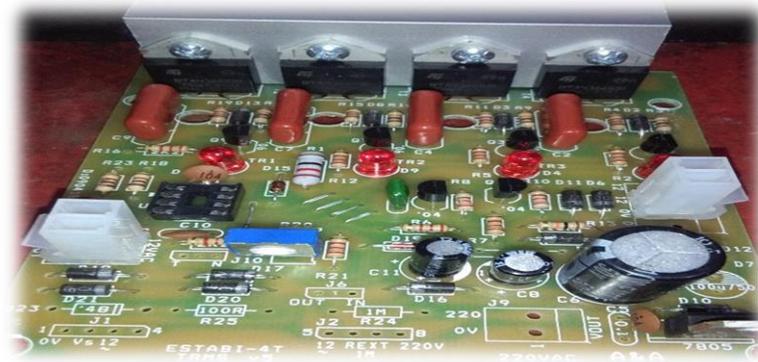
Figura 2. Diagrama de Conmutación de Relés

#### 2.2.1.2.2 Tarjeta de control de estado sólido.

Son tarjetas electrónicas diseñadas para cargas de baja y de alta; esta tarjeta electrónica tiene tres etapas de funcionamiento:

- a) **Convertor de voltaje AC a DC:** El voltaje de 12 VAC es rectificado por el puente de diodos para obtener un voltaje DC que alimentará la etapa de control.
- b) **Sistema de control y censado :** El voltaje rectificado de la etapa anterior ingresa a un rectificador de tensión (LM7805) para tener un voltaje DC de 5V continuos y estable, que alimentará al micro controlador encargado de realizar el censado y el disparo de la etapa de potencia con Triac.

c) **Sistema de conmutación con Triac:** El micro controlador activa los transistores por medio de resistencias que entrega 3.5 DC logrando así disparar los Triac que están conectados a un voltaje AC, teniendo secuencia de disparo de cada Triac, que permiten realizar la estabilización del voltaje AC de salida.



*Figura 3. Tarjeta con Micro Controlador PIC12F675*

### 2.2.1.2.3 Tarjeta de control Semipack.

Esta tarjeta electrónica tiene tres etapas de funcionamiento:

**Etapa 1:** ingresa el AC de 12 VAC a unos puentes diodos que la transforma a DC para poder alimentar a la siguiente etapa.

**Etapa 2 :** ingresa el voltaje DC a un regulador 7805 que es el encargado de alimentar al microprocesador para poder realizar su función principal de sensado a través de un programador u ordenador manual diseñado para calibrar los pulsos de disparo para poder activar los SCR.

**Etapa 3:** el micro controlador es calibrado a través de un software que permiten pasar un voltaje de 3.5 voltios a través de unas resistencia hacia el transistor para poder activar a los (SCR) que independiente mente están conectados a un voltaje de salida específico para poder hacer el proceso de estabilizar voltaje el uso de estos switch electrónicos son muy importantes en el proceso por su saturación de corrientes elevadas y su rápido proceso de respuesta de conmutación.

Es la combinación del modelo ( 2 ), su principal diferencia es de bajo ruido y de mayor soporte de altas potencias , de equipos mayores a 15 Amperios de trabajo ( A&A estabilizadores, 2019)



*Figura 4.* Tarjeta de Control Semipack (vista total)

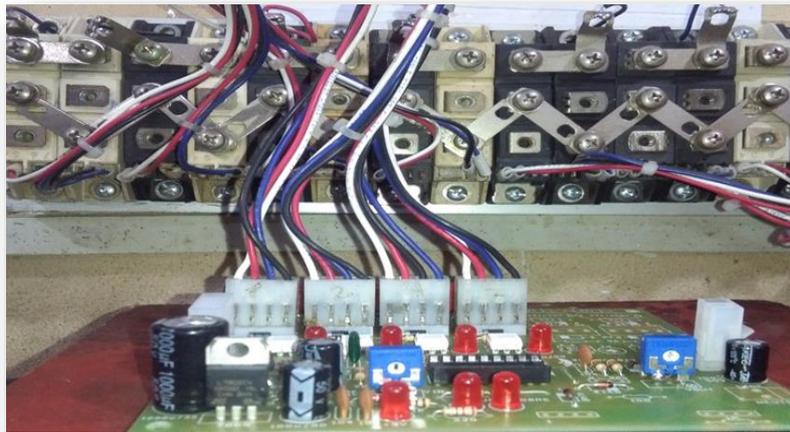


Figura 5. Tarjeta de Control Semipack (vista de frente)

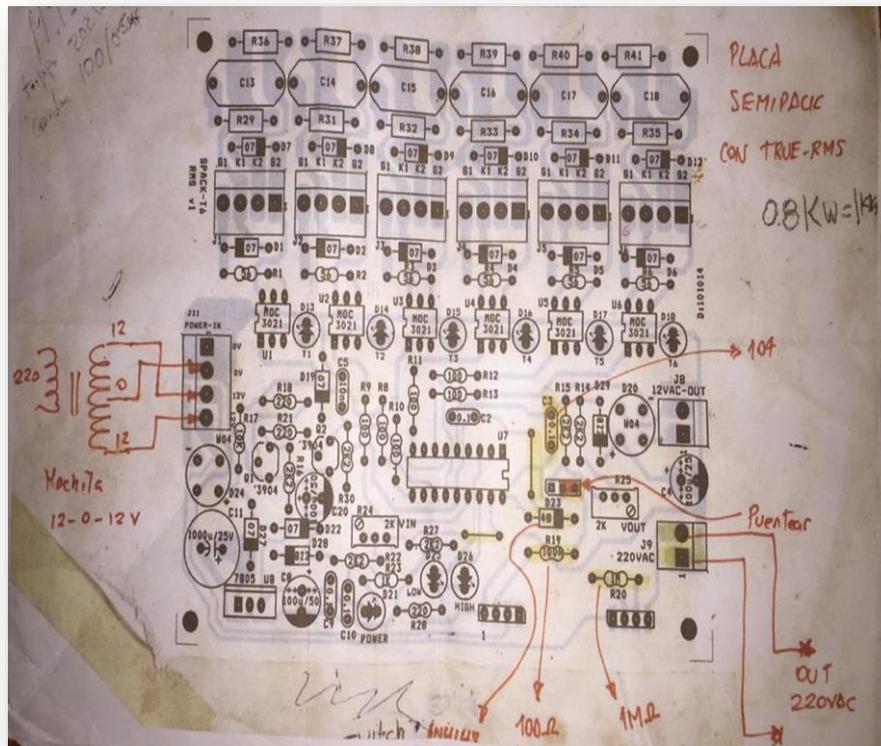


Figura 6. Diagrama de Control Semipack

### **2.2.1.3 Transformador**

Es un dispositivo eléctrico que aumenta o disminuye, mantiene la potencia en un circuito eléctrico, está construido por bobinas de material conductor así da paso al flujo magnético que establece a un núcleo; el núcleo esta hecho de lámina de acero eléctrico.

Según la Ingeniería Mecafenix (2018) indica que las partes principales de un transformador son



*Figura 7. Transformador*

#### **2.2.1.3.1 Devanado primario.**

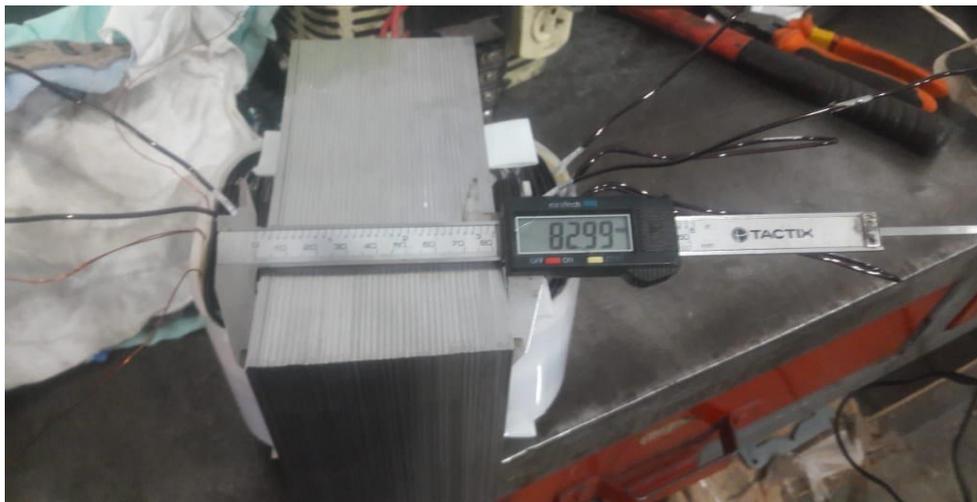
El devanado primario (alambre de cobre o aluminio) está conectado a la fuente de energía (voltaje), la cual transporta la corriente alterna desde su punto de suministro. Su devanado puede variar de bajo, media o alta tensión, dependiendo del uso.



*Figura 8.* Devanado primario

#### **2.2.1.3.2 Núcleo.**

Es el conjunto de láminas (E.I) aisladas eléctricamente, donde enrollamos el alambre de cobre o aluminio, esto produce un flujo magnético alterno al momento de energizar.



*Figura 9.*Nucleo

### 2.2.1.3.3 Devanado secundario.

El devanado secundario (alambre de cobre o aluminio) está encargado de suministrar la energía de carga y es donde el voltaje inducido por el cambio de magnetismo en el cual rodea al núcleo, su devanado puede ser variar de bajo, medio, alta tensión dependiendo del uso del transformador.



*Figura 10.* Devanado secundario

### 2.2.1.3.4 Tipos de transformadores.

Además, el autor anterior señala que existen diferentes tipos y diversas formas de clasificar a los transformadores, pero para este trabajo de aplicación solo se mencionará 3 de ellos.

#### 2.2.1.3.4.1 *Transformador monofásico.*

Estos transformadores son usados frecuentemente para suministrar energía eléctrica para alumbrado residencial tomacorrientes aire acondicionado y calefacción su uso es común.



*Figura 11.* Transformador monofásico

#### **2.2.1.3.4.2 Autotransformador monofásico.**

Este transformador es particular tiene solo un bobinado arrollado sobre su núcleo, pero dispone de cuatro tap ,dos para cada circuito y por ello tiene puntos en común con el transformador ,su funcionamiento es el mismo que el transformador común .



*Figura 12.* Autotransformador monofásico

#### **2.2.1.3.4.3 Transformador de aislamiento monofásico.**

Estos transformadores tienen el mismo devanado en el primario y secundario, lo que significa que tienen las mismas espiras, y el mismo voltaje de entrada y de salida este se utiliza como medida de protección.



*Figura 13.* Transformador de aislamiento monofásico

### Calculo de un transformador 220/220

EJEMPLO DE CALCULO DE TRANSFORMADOR 220/220 VAC			
POTENCIA	RAIZ <sup>2</sup> DE LA POTENCIA	FACTOR DE CALCULO	
$\sqrt{5000} =$	$70.7 \times$	$0.9 =$	$v$
AREA <sup>2</sup> DE LA BOBINA			
$8 \times$	$220 \times 38$	$/ 64$	
N° DE VUELTAS DE COBRE			
PRIMARIO : 131 ESPIRAS DE COBRE			
SECUNDARIO : 132 ESPIRAS DE COBRE			
CALIBRE DE ALAMBRE DE COBRE			
POTENCIA / VOLTAJE			
DEVANADO PRIMARIO = 5.26 MM			
DEVANADO SECUNDARIO = 5.26 MM			

Figura 14. Cálculo de un Transformador 220/220

#### 2.2.1.3.4.4 Transformador Toroidal.

Un transformador toroidal garantiza un menor flujo de dispersión y unas bajas perdidas de corriente de Foucault. Este dispositivo eléctrico puede ser construido tanto encapsulado como sin él, posee diversas configuraciones para una o varias salidas para el cableado o encapsulado electrostático y electromagnético.

De acuerdo, a su conceptualización tecnológica, se entiende que un transformador toroidal posee un campo magnético en el interior de sí mismo que forma una serie de círculos concéntricos. Fuera de él, el campo es nulo, la fuerza de este campo magnético depende de sus números de espiral que el transformador toroidal tiene en su cuerpo, el campo magnético no es uniforme, es más fuerte en la parte interior del anillo y más débil cerca de la parte del exterior.

### **Ecuación Característica**

#### **Fórmula Para Calcular la Inductancia de una Bobina**

$$L = \frac{N^2 \mu S}{l}$$

L = Valor de la inductancia [H]

N = Número de espiras de la bobina [sin unidad]

$\mu$  = Permeabilidad del núcleo [Wb/A·m]

S = Sección del núcleo [m<sup>2</sup>]

l = Longitud de líneas de flujo [m]

*Figura 15. Fórmula de Cálculo de una Bobina*

#### **2.2.1.3.4.4.1 Tipo de transformador toroidal.**

Su extensa variedad es de 10 VA HASTA 3000 VA de potencia.



*Figura 16.* Bobina de un Transformador Toroidal

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL TRABAJO**

### 3.1 Finalidad

La finalidad de nuestro trabajo de aplicación es realizar la mejora de la etapa electrónica, debido a los problemas que se presentaba en la tarjeta electrónica ya que en la fase de ensayos y pruebas detectamos varios problemas debido a los componentes que no soportaban los picos de corriente elevados y sobrecargas; por lo tanto, decidimos realizar este trabajo de aplicación y con el conocimientos adquirido reunimos la información necesaria y nos proyectamos a la mejora de la tarjeta electrónica para lograr obtener un excelente resultado en la implementación del nuevo diseño y satisfacer el requerimiento de los clientes y la mejora de estos equipos de estabilización , logrando así un nuevo paso en el mercado nacional.

### 3.2 Propósito

El propósito de este trabajo aplicativo es desarrollar y mejorar la tecnología electrónica que se encuentra inmerso en los sistemas de control de los estabilizadores de potencia, equipos que se comercializan a nivel nacional. Además, pretendemos a mediano plazo desarrollar nuevos productos con nueva tecnología desarrollada por nosotros y diseños basados en el requerimiento diario de los consumidores, consiguiendo así mejorar la tecnología en el país para lograr crear nuevos puestos de trabajos, incremento en la producción de este tipo de equipos y comercializarlos a nivel nacional e internacional.

### 3.3 Componentes

**El transformador toroidal:** se tomó como referencia su producción y desarrollo porque es más económico a comparación del transformador clásico, su bobina está diseñada a gran escala de estándares por lo que obtiene menor pérdida de electrones en el fluido de corriente de su campo magnético propiamente está diseñado para la adaptación del equipo servomotor y el sistema de mecanismo de funcionamiento.

**La placa de control Servomotor:** este sistema fue una de las opciones más prácticas en el desarrollo del trabajo aplicativo porque gracias a la sustitución de nuevos componentes de mayor potencia se logró modificar el problema que ya presentaba anteriormente, se eligió por

su sistema externo de calibración manual por lo que es más factible para el uso de los clientes ya que pueden tener la facilidad de realizar ajuste ante cualquier variación de voltaje.

**El sistema de mecanismo de derivaciones:** es un sistema que trabaja a través de un carbón conductivo que al momento de bajas o altas tensiones tiene un sistema de respuesta rápida que se desplaza de manera horizontal a través de los voltajes que está diseñada la bobina facilitando instantáneamente su recorrido para realizar la estabilización

### 3.4 Actividades

El presente trabajo de aplicación se ejecutó de la siguiente manera :

#### 1era ETAPA: Cálculo de potencia y dimensionamiento del equipo:

En esta etapa, se realiza el cálculo del equipo con una pinza amperimétrica para poder establecer los valores de carga a proteger o estabilizar secuencialmente hacer la implementación de los componentes electrónicos para resistir dicha carga y no generar problemas a futuro como una sobrecarga o cortocircuito que podrían generar tanto daños materiales como físicos.

Luego, se realizaron los cálculos y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 1.

#### *Calculo de Potencia y Dimensionamiento del equipo*

<b>Parámetros para el cálculo de potencia y dimensionamiento del equipo</b>			
Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	
$18 - 8 = 10$	$10 * 7 = 70$	$70 / 2 = 35 \text{ cm}^2$	
<b>Diámetro del Núcleo</b>	Área de $35 \text{ cm}^2$		
<b>Calibre del Cobre</b>	n° 16		
<b>Diámetro Interno, Externo del Toroide</b>	18 cm diámetro externo	8cm diámetro interno	7cm altura



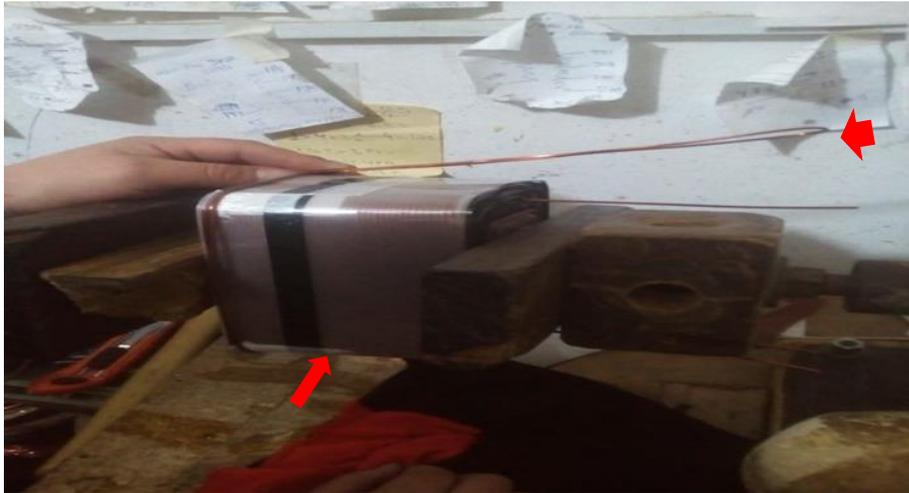
*Figura 17. Pinza Amperimétrica*

### **2da ETAPA: Fabricación del transformador toroidal**

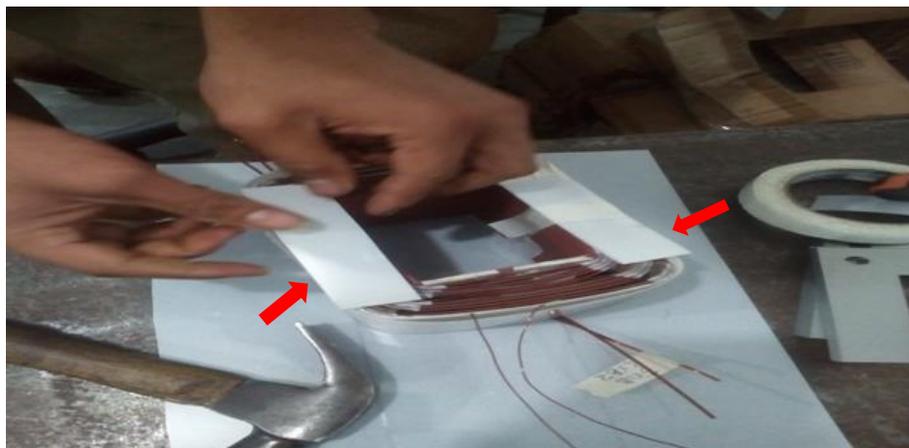
En este procedimiento se recopilan los datos anteriores para la confección del núcleo de silicio y vueltas de los devanados primario y secundario, según los cálculos de potencia para poder utilizar el diámetro de enrollamiento de cobre, el cual es necesario para poder resistir la carga inducida, en el procedimiento se utiliza una máquina manual de bobinado y un contador multivuelta para poder darle el voltaje por espira necesario y no afectar el procedimiento en el siguiente proceso.



*Figura 18. Calibración del Cobre*



*Figura 19.* Bobinado por Espiras



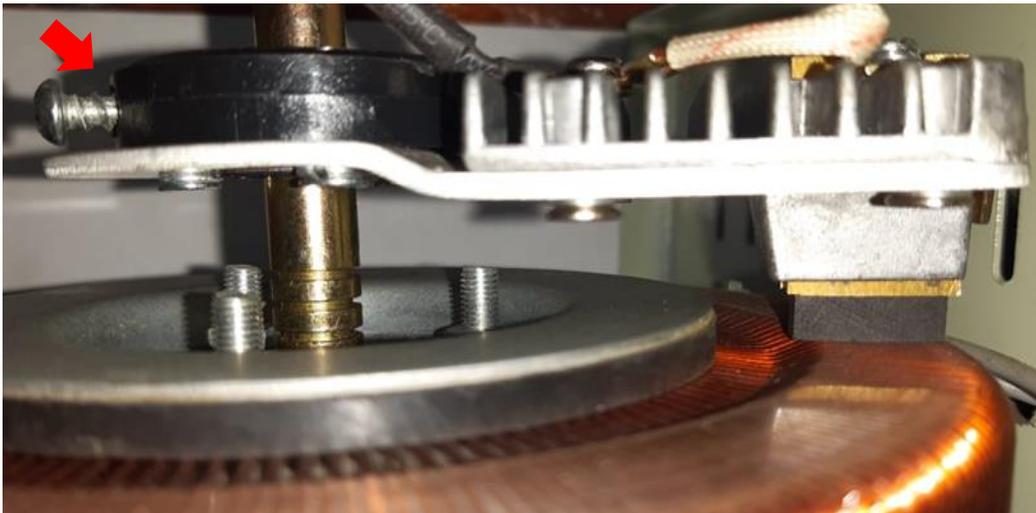
*Figura 20.* Aislante de plástico

### **3ra ETAPA: Ensamblaje del mecanismo y direccionamiento del servomotor**

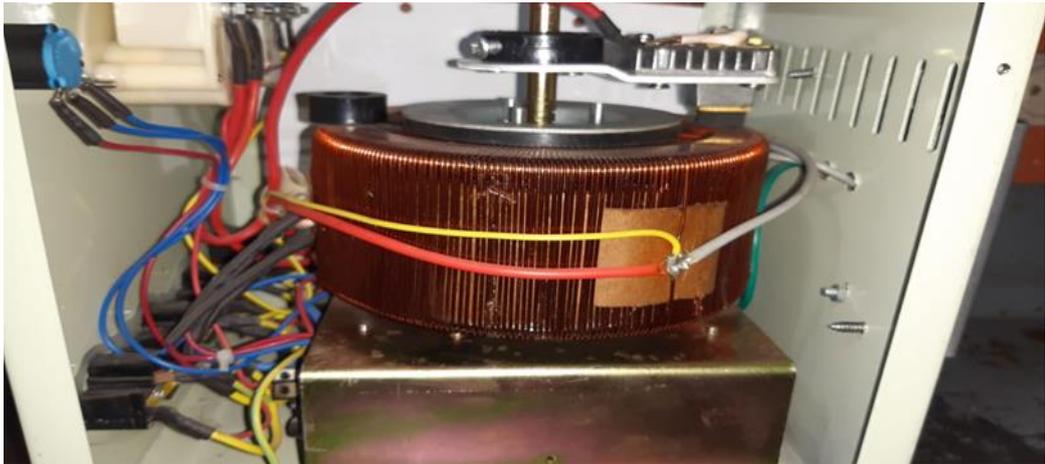
En este proceso se ensamblan todos los sistemas de mecanismo y engranaje del motor: su posición y hacia dónde va a direccionarse al momento de que el carbón de conducción haga contacto con cada uno de las derivaciones de voltaje y pueda esta establecer un determinado voltaje de salida y pueda ser calibrado según los parámetros establecidos de funcionamiento, verificando con un multímetro que cada que cada objeto no esté dañado ni pueda medir otros valores que no son los especificados.



*Figura 21. Mecanismo del Transformador Toroidal*



*Figura 22. Direccionamiento y eje del Transformador Toroidal*



*Figura 23. Gabinete y ensamblado*

#### **4ta ETAPA: Conexión y cableado del equipo.**

Ya teniendo todos los datos de carga que va a soportar el equipo y los voltajes específicos que está diseñado, se pasa a la siguiente etapa donde a través de indicadores estándares se señala el tipo de entrada y salida y el esquema de conexiones, utilizando materiales que se adaptan a la instalación como terminales tipo ojo, uniones, estaño, thermacontraible para poder aislar los conductores.



*Figura 24. Terminal Ojo y uña*



### 5ta ETAPA: Calibración y pruebas de resistencias del equipo.

Ya terminando todos los procesos se pasa a la etapa más crítica y muy minuciosa donde el equipo pasa por una calibración manual siendo sometido a cargas mayores a las requeridas, por su margen de diseño para dar conformidad de su funcionamiento.

Utilizando un variador monofásico que realiza la simulación de voltajes mínimos y máximos con estas variables se puede realizar la calibración del equipo con un multímetro verificamos los parámetros de estabilización y dando conformidad de su funcionamiento pasamos a dejar el equipo en las perfectas condiciones para luego ser llevado al cliente final.



Figura 28. Equipos de calibración



Figura 29 .Pruebas de Resistencia



*Figura 30. Pruebas de medición en vacío*

### 3.5 Limitaciones

Hemos tenido series de limitaciones para lograr la culminación de este trabajo aplicativo o proyecto, los cuales mencionaremos:

- El elevado costo para adquirir los componentes electrónicos para ensamblar el equipo.
- Se presentaron daños excesivos en la primera y segunda prueba de la tarjeta electrónica.
- El tamaño que presenta el transformador toroidal excede el gabinete por lo que se mandó a fabricar uno a su medida.
- El trabajo en equipo nos fue difícil por la lejanía de trabajo y a raíz de la pandemia no poder requerir rápidamente los materiales.
- Tuvimos que realizar las pruebas en horas de trabajo lo que no fue tan factible por las exigencias en el trabajo.
- Los instrumentos de medición son muy caros y sobrepasaban el presupuesto que nos habíamos planteado al inicio.
- La fabricación del núcleo se manda a elaborar a una empresa dedicada a este rubro, pero lo que no vendían por unidades, insistiendo en el proyecto nos facilitaron ayuda la cual demoró y perdimos tiempo en sus procesos.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

## RESULTADOS

Como resultado de las pruebas del estabilizador, se obtuvo una salida de voltaje estable.

Las características del servomotor y su diseño han hecho posible la implementación de un equipo confiable y económico.

En las pruebas se verifica que si no se sobrecarga el estabilizador no habrá un mayor calentamiento en los conductores y un mejor progreso del factor de potencia de trabajo en las cargas inductivas.

La tensión de 220 VAC y frecuencia de 60 Hz denominadas en el estabilizador fueron estables durante su uso.

Las cargas inductivas en el arranque de nuestro transformador producen una intensidad superior a la del funcionamiento normal; por eso, posee una tarjeta de regulación de voltaje y de supresor de picos, logrando que el estabilizador rectifique esos picos de subtensión y sobretensión, reduciendo un arranque más preciso y constante en las variaciones de salida, las cuales fueron exitosas en las pruebas de ensayo con carga.

Las pruebas y ensamblaje de los componentes electrónicos fueron exitosas.

Se logró una buena expectativa de trabajo porque se solucionó un problema recurrente en el mercado nacional.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- a) Se seleccionaron cada uno de los componentes del estabilizador: voltímetro analógico , toma levitón, interruptor switch, tarjeta de control de la salida estabilizada, diodo rectificador, condensador, relé entre otros, por medio de los manuales técnicos.
- b) Las pruebas del estabilizador fueron realizadas satisfactoriamente mediante instrumentos digitales ,posteriormente se hicieron pruebas con el variador de voltaje de corriente alterna y los resultados obtenidos también fueron satisfactorios , ya que se hizo pruebas de vacío en tensión de entrada, prueba cortocircuito en voltios y amperios , prueba de aislamiento, prueba de tensión aplicada una frecuencia industrial y prueba de tensión inducida en 220V a doble tensión, se utilizó instrumentos de mediciones eléctricas para medir las magnitudes eléctricas y asegurar así el buen funcionamiento del equipo.
- c) Los objetivos planteados al inicio de este trabajo aplicativo o proyecto se cumplieron satisfactoriamente, también se elaboró el transformador monofásico y se hizo las conexiones al servomotor luego se ensambló el equipo, y se montó en un gabinete, se hicieron las pruebas necesarias para su uso.
- d) El funcionamiento del equipo fue exitoso en las pruebas de funcionamiento que se realizó al estabilizador servomotor de 500 VA de 220VAC -220VAC al 2.5% y transformador de aislamiento monofásico.
- e) Como conclusión final, se puede decir que además de cumplir con los objetivos propuestos, se logra hacer un importante aporte al conocimiento personal y experiencia elaboración de este estabilizador.

## RECOMENDACIONES

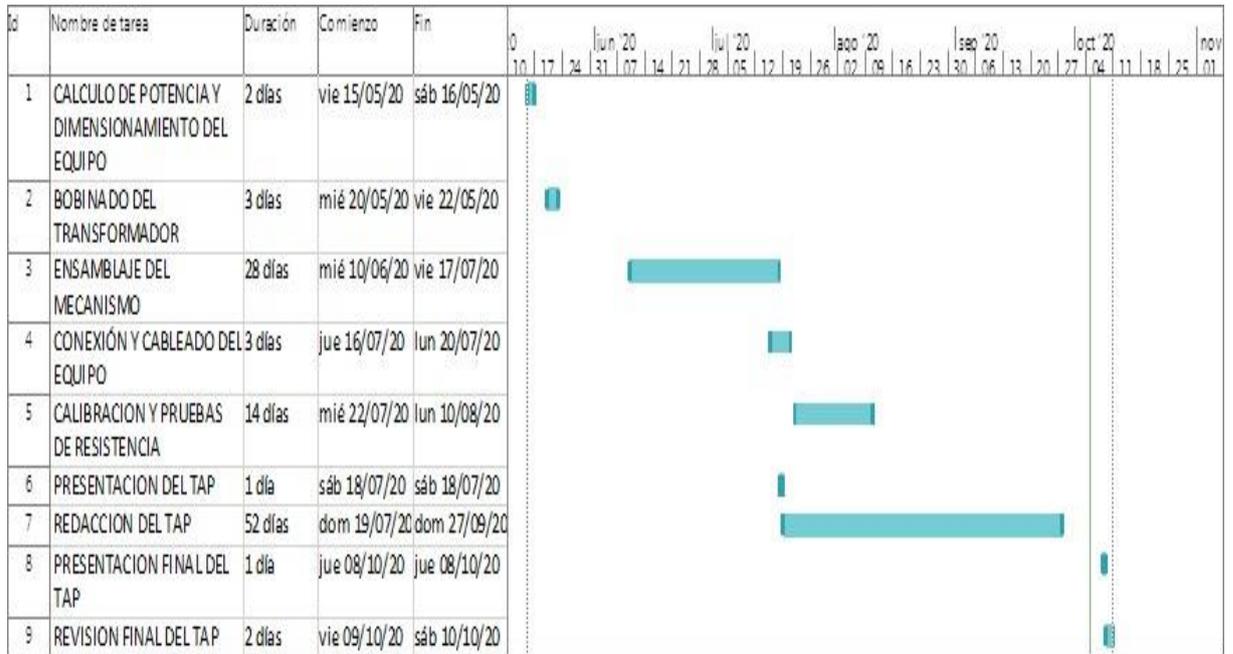
- a) Se debe realizar mantenimiento de estos equipos para evitar problemas, deterioro y mal funcionamiento de los equipos.
- b) Asimismo, se debe aplicar una limpieza externa manual, luego se comprueba la ventilación y calentamiento del estabilizador para evitar ruidos anormales, vibraciones o roces que puedan desprender los materiales.
- c) Se debe realizar, constantemente, la limpieza de tarjeta electrónica usando brocha y alcohol isopropílico para no dañar la serigrafía de la tarjeta electrónica.
- d) Es necesario realizar ajustes de todos los terminales para evitar un falso contacto que pueda generar un corto circuito.
- e) Aplicar barniz dieléctrico industrial a (bobinas) para que pueda tener un mejor aislamiento ante una descarga eléctrica.
- f) Finalmente, realizar pruebas con los instrumentos de medición en vacío (medición a la entrada de voltaje y salida - medición del terminal neutro + el cable tierra) y con carga al transformador toroidal para asegurar el nivel de potencia. Para la manipulación de este estabilizador, es necesario un técnico especializado.

## REFERENCIAS

- A&A Estabilizadores Transformadores. (2019). *Estabilizadores*.  
<https://www.ayaestabilizadores.com>.
- Coca Sacerio, J. (2017). *Procedimiento de diseño de transformadores de intensidad de baja tensión con núcleo toroidal* (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética). [Tesis de Pregrado - Ingeniería Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas]. Archivo digital. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/8010>
- EcuRed. (2018). *Transformador toroidal*. [https://www.ecured.cu/Transformador\\_toroidal](https://www.ecured.cu/Transformador_toroidal)
- Gómez, L., Vargas, H. Y Correa, R. (2020). Movimiento de un ferrofluido en un toroide de sección transversal cuadrada bajo la influencia de campos magnéticos rotativos. *Prospectiva*, 18 (2), 1-18.
- Ingeniería Mecafenix. (2018). *Tipos de transformadores eléctricos*. <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tipos-de-transformadores>
- Rico, H. A. (2019). *Diseño y construcción de transformador monofásico de media tensión*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano]. Archivo digital. [https://repositorio.itm.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12622/1669/1/Rep\\_Itm\\_pre\\_Rico.pdf](https://repositorio.itm.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12622/1669/1/Rep_Itm_pre_Rico.pdf)

## **APÉNDICES**

## Apéndice A. Cronograma de Actividades (Diagrama de Gantt)



## Apéndice B. Cronograma de Presupuesto

### Instrumentos, Materiales, Recursos y Accesorios

Instrumentos	Cantidad	Precios
Multímetro	1	s/ 1200
Pinza amperimétrica	1	s/ 1400
Variador de corriente AC	1	s/ 250

Materiales	Cantidad	Precios
Display analógico	1	s/ 40
Toma lewinton	2	s/ 10
Interruptor switch	1	s/ 2
Tarjeta de control de la salida estabilizada	1	s/ 1500
Diodo rectificador	1	s/ 1
Condensador	6	s/ 6
Relay	4	s/ 8
Trasformador monofásico	1	s/ 200

RECURSOS		
Herramientas	Cantidad	Precio
Taladro	1	s/ 180
Sierra circular	1	s/ 80
Amoladora de banco	1	s/ 200
Esmeril angular	1	s/ 150
Broca	5	s/ 10
Disco de desgaste	1	s/ 10
Alicate universal	1	s/ 25
Alicate de corte	1	s/ 25
Alicate de punta	1	s/ 25
Desarmador plano	1	s/ 15
Desarmador estrella	1	s/ 15
Cúter	1	s/ 9
Martillo	1	s/ 12
Regla de hierro numérica	1	s/ 8

Prensadora	1	s/ 200
Arco de cierra	1	s/ 6
Cizalla de corte	1	s/ 80
Alicate prensa para terminales	1	s/ 16
Cautín	1	s/ 10
Soplete	1	s/ 25
Pistola de calor	1	s/ 25

Accesorios	Cantidad	Precios
Cinta de embalaje	1	s/ 5
Cinta poliéster	1	s/ 44
Cinta filamentada	1	s/ 5
Barniz	1	s/ 45
Tinner	1	s/ 30
Cinta aislante	1	s/ 5
Spageti n°4	¼ rollo	s/ 7
Cables de cobre	½ rollo	s/ 80
Spray	1	s/ 12

<b>Precio total</b>	
<b>Instrumentos</b>	<b>s/ 2850</b>
<b>Materiales</b>	<b>s/ 1767</b>
<b>Herramientas</b>	<b>s/ 1066</b>
<b>Accesorios</b>	<b>s/ 233</b>
<b>Total</b>	<b>s/ 5916</b>

Apéndice C. Protocolo De Pruebas En Vacío (A&A ESTABILIZADORES)

PROTOCOLO DE PRUEBAS: ESTABILIZADOR SERVOMOTOR MONOFÁSICO DE 500 VA										
ENTRADA: 220 VAC / SALIDA: 220 VAC										
CLIENTE:								FECHA:	DD/MM/AAAA	
<b>1- CARACTERÍSTICAS:</b>										
MARCA	-	POTENCIA	0	KVA	FASES	1Ø				
Nº SERIE	0	TENSIÓN-PRIMARIO	0	VAC	CONEXIÓN	-				
TIPO	SECO	TENSIÓN-SECUNDARIO	0	VAC	GRUPO	ID				
REFRIGERACIÓN	/AFAF	INTENSIDAD-PRIMARIO	2.27	A	CLASE-AISLAMIENTO	H				
MONTAJE	INTERIOR	INTENSIDAD-SECUNDARIO	2.27	A	FACTOR	K-#				
NORMA	INTINTEC 370.002	FRECUENCIA	60	Hz	ALTITUD (msnm)	3000				
AÑO FABRICACIÓN	2020	NIVEL-AISLAMIENTO	3.0	KV	TCC (%) a 115°C	3%				
<b>2- PRUEBA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:</b>					<b>3- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE ARROLAMIENTO:</b>					
DENOMINACION	RESISTENCIA	TENSIÓN (VDC)	RESISTENCIA PRIMARIO			RESISTENCIA SECUNDARIO				
PRIMARIO-MASA	5000	M-ohm	2500	L1-L2	0.00	m-ohm	N-L2	0.00	m-ohm	
PRIMARIO-SECUNDARIO	5000	M-ohm	2500							
SECUNDARIO-MASA	3000	M-ohm	2500							
<b>4- MEDIDA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN:</b>										
COMUTACIÓN	TENSIONES COMPARADAS (VAC)		RELACIÓN TEÓRICA			RELACIÓN MEDIDA				
	PRIMARIO	SECUNDARIO				L1-L2/N-L2				
-	220	220	1.00			CONFORME				
<b>5- PRUEBA DE VACÍO:</b>										
TENSIÓN DE ENTRADA		INTENSIDAD		TENSIÓN DE SALIDA		PERDIDAS EN EL NÚCLEO (WATTS)				
220	VAC	0.4	A	220	VAC	86.9				
<b>6- PRUEBA EN CORTO CIRCUITO</b>										
TENSIÓN NOMINAL (VAC)	VOLTIOS		AMPERIOS		PERDIDAS EN EL COBRE (WATTS)		TCC - TENSIÓN DE CORTO CIRCUITO (%)			
					A 25°C	A 75°C	A 25°C	A 75°C		
0	6.6 vac		2.27 AMP		34.5	41.4	0.0	0.0		
<b>7- PRUEBA DE TENSIÓN INDUCIDA:</b>										
PRIMARIO (VAC)	A DOBLE TENSIÓN		A DOBLE FRECUENCIA		INTENSIDAD		TIEMPO		RESULTADO	
220 VAC	440 VAC	VAC	120	Hz	0.2	A	60	Seg.	BIEN	
<b>8- PRUEBA DE TENSIÓN APLICADA: A FRECUENCIA INDUSTRIAL</b>										
DENOMINACION	TENSIÓN		INTENSIDAD		TIEMPO		RESULTADO			
AT/BT-MASA	3.0	KV	0.00	mA	60	Seg.	BIEN			
BT/AT-MASA	3.0	KV	0.00	mA	60	Seg.	BIEN			