



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO
El Instituto de la Frontera Sur

**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
ELECTRICIDAD**

Propuesta de Diseño e Instalación
**CONTROL DE UN DISPOSITIVO MONOFÁSICO MEDIANTE DISPOSITIVOS
SEMICONDUCTORES APLICADOS EN ELECTRÓNICA DE POTENCIA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

Autores: Orly Jefferson Córdova Pérez, Jefferson Fernando Sarango Tamayo, John Estiven Herrera Jaramillo.

Director: Ing. Mauricio Andrés Cueva Cueva

CARIAMANGA
2022

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Nosotros, **John Estiven Herrera Jaramillo, Orly Jefferson Córdova Pérez y Jefferson Fernando Sarango Tamayo**, declaramos y aceptamos en forma expresa lo siguiente:

- Ser autores del Trabajo de Titulación denominado: Control de un dispositivo monofásico mediante dispositivos semiconductores aplicados en Electrónica de Potencia, de la Titulación en Tecnología de Electricidad, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Generalidades de Electrónica de Potencia, Capítulo 2. Reguladores de Salida Fija, Capítulo 3. Maquinas Eléctricas de Potencia, Capítulo 4. Materiales y métodos, Capítulo 5. Resultados, Justificación, Conclusiones, Recomendaciones, siendo Mauricio Andrés Cueva Cueva, director (a) del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.
- Que nuestra obra, producto de nuestras actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico del ISTMS, que establece: “Forman parte del patrimonio del Instituto la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) del Instituto”.
- Autorizamos al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego para que pueda hacer uso de nuestra obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: John Estiven Herrera Jaramillo

C.I.:

Firma:

Autor: Orly Jefferson Córdova Pérez

C.I.:

Firma:

Autor: Jefferson Fernando Sarango Tamayo

C.I.:

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amada mujer por su sacrificio y esfuerzo, por apoyarme en mi carrera por nuestro futuro y por creer en mis capacidades; aunque hemos pasado momentos difíciles estado a mi lado brindándome apoyo cada día.

A mis amados padres quien con su apoyo no me dejaban caer y que cumpla con mis ideales.

Orly Jefferson Córdova Pérez.

Este trabajo lo dedico a mi madre que ha sido mi apoyo constante de toda mi formación académica, ella me ha enseñado a ser un hombre con principios y con buenos valores, también lo dedico a mi querido padre que ya partió de este mundo, y demás familiares que siempre estuvieron apoyándome, alentándome, ya que sin toda esa motivación y ayuda no lo hubiera logrado solo.

John Estiven Herrera Jaramillo.

Dedico este trabajo a mis padres, Guillermo y Ana, aquellos que me brindaron el apoyo incondicional para mi formación académica, forjado mi vida con sus principios y valores, guiados en la perseverancia y respeto colectivo; y a toda mi familia que de una u otra forma me han dado ánimo para seguir con mis estudios, en momentos difíciles de la carrera.

Jefferson Fernando Sarango Tamayo.

Agradecimiento

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme tener salud y vida para cumplir una meta más a mi vida, agradecer al instituto por permitirme las puertas y formar parte de ella, gracias al Ingeniero Mauricio Cueva quien fue mi tutor de tesis por brindarme su apoyo y conocimiento. Gracias a mis padres y mi mujer que fueron mis promotores durante el proceso de la carrera.

Orly Jefferson Córdova Pérez.

Agradezco a todos mis docentes por ser mi guía de formación como tecnólogo en Electricidad, agradezco a toda mi familia, gracias a ellos he podido lograr una meta más en mi vida y como no agradecer a nuestro señor Jesucristo porque sin el nada de este logro sería posible. Además, es de gran importancia agradecer al Ing. Mauricio Cueva, tutor de este trabajo.

John Estive Herrera Jaramillo.

Agradezco en primer lugar, a mis padres por su apoyo en mi formación profesional, gracias a ellos; pude seguir con mis estudios, y ahora puedo culminar con mi formación como tecnólogo en Electricidad.

Al Instituto Tecnológico Superior “Mariano Samaniego” por permitirme formar parte de su institución como alumno, en especial a todo el personal que conforma la carrera de tecnología en Electricidad, donde me impartieron su conocimiento para mi formación profesional y humanística.

Al ingeniero Mauricio Cueva, tutor de este trabajo, quien nos ayudó constantemente, impartiendo sus conocimientos y experiencias. Por último, a mis compañeros de tesis, que formaron un grupo de trabajo cooperativo y de apoyo, gracias a ellos, se logró la culminación de este trabajo de tesis de la mejor manera.

Jefferson Fernando Sarango Tamayo.

Índice de Contenido

Declaración de autoría y cesión de derechos	II
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento	V
Índice de Contenido	VI
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
CAPÍTULO I.....	6
Generalidades de electrónica de potencia.....	6
1.1 Aplicación de la electrónica de potencia.....	6
1.2 Semiconductores de potencia.....	6
1.2.1 Clasificación de semiconductores de acuerdo son su grado de control.	6
1.2.1.1 Semiconductores no controlados.....	7
1.2.1.1.1 Diodos luminiscentes.....	7
1.2.1.1.2 Diodos de potencia.....	7
1.2.1.2 Semiconductores semicontrolados.....	8
1.2.1.2.1 Control rectificador de silicio SCR.....	9
1.2.1.2.2 Trío de corriente alterna TRIAC.....	10
1.2.1.2.3 DIAC.....	10
1.2.1.3 Semiconductores controlados.....	11
1.3 Dispositivos semiconductores en la rectificación de onda AC.....	12
1.3.1 Dispositivos no controlados (diodos rectificadores).....	12
1.3.2 Rectificador de media onda.....	13
1.3.3 Rectificador con puente de diodos onda completa.....	14
CAPÍTULO II.....	15
REGULADOR DE VOLTAJE SALIDA FIJA.	15
2.1 Regulador de voltaje 7805.	15
2.2 Ley de ohm.....	15
2.2.1 Ley de Kirchhoff.	16
2.2.2 Ley de voltajes.	17
2.3 Disipador de calor.	17
2.4 Sistema de filtrado.....	17
2.4.1 Capacitores.....	18
2.4.2 Filtro de capacitores.....	19
2.4.3 Voltaje de Rizo	19
2.4.4 Filtro RC.....	19
2.4.5 Cálculo de voltaje de capacitor.....	19
2.4.6 Constante de tiempo en un circuito RC.....	20
2.4.7 Capacitancia del capacitor.	20
2.4.8 Filtro Snubber.....	21
CAPÍTULO III.....	22

MaQUINAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA.....	22
3.1 Transformador.	22
3.1.1 Relación de transformación.....	23
3.2 Maquinas eléctricas rotativas (motores).	23
3.2.1 Conexión estrella.....	24
3.2.2 CONEXIÓN DELTA.....	25
3.2.3 CONTROL DE VELOCIDAD EN MOTORES ELECTRICOS.	26
3.2.4 CONTROL EN MOTORES AC SÍNCRONO.....	26
3.2.5 CONTROL EN MOTORES AC ASÍNCRONO.	27
CAPÍTULO IV.	28
MATERIALES Y METODOS.....	28
4.1 MATERIALES	28
4.2 METODOS.	29
4.2.1 Modelo matemático.	29
4.2.2 Modelos matemáticos para el dimensionamiento de la fuente:.....	30
4.2.3 SIMULACIÓN.....	31
4.2.4 CONSTRUCCIÓN.....	32
CAPÍTULO V.	34
RESULTADOS.....	34
5.1 Dimensionamiento del circuito de control para dispositivos monofásicos	34
5.1.1 Dimensionamiento de la intensidad lumínica.	34
5.1.2 Dimensionamiento de motor monofásico.	35
5.1.3 Dimensionamiento de un sistema de bombeo.....	35
5.2 DIMENSIONAMIENTO eN BASE A MODELOS MATEMÁTICOS.	36
5.2.1 Dimensionamiento de activación de dispositivo monofásico con opto acoplador para la integración de circuito de DC y AC.	36
5.2.1.1 Dimensionamiento de Fuente de voltaje.	36
5.2.1.2 MOC 3021	37
5.2.1.3 Dimensión de Activación de TRIAC.	38
5.2.2 Para la activación de SCR	38
5.2.3 Dimensionamiento de controlador de fase.	39
5.2.4 Simulación de fuente de voltaje.....	39
5.2.5 Circuito SCR con voltaje directo en el Diodo.....	40
5.2.6 Circuito TRIAC con voltaje directo en el Diodo.....	41
5.2.7 Circuito SCR con voltaje alterno.....	41
5.2.8 Circuito TRIAC con voltaje alterno en la compuerta.....	42
5.3 Construcción del banco de circuitos.	42
5.3.1 <i>Prototipo físico de la PCB.</i>	43
5.3.2 Montaje del prototipo para pruebas en el protoboard.....	44
5.3.2.1 Montaje del prototipo para pruebas en protoboard.	44
5.3.2.2 Prototipo y montaje del tablero didáctico.	44
Justificación.	46

Conclusiones	50
5.3.3 RECOMENDACIONES	51
Referencias.....	52
ANEXOS	54

Índice de tablas.

Tabla 1. Materiales electrónicos y eléctrico.....	28
Tabla 2. Materiales para el ensamblado.....	29
Tabla 3. Información técnica de la bombilla incandescente.....	34
Tabla 4. Datasheet del motor con escobillas.....	35
Tabla 5. Información técnica de la bomba sumergible JAD.....	35
Tabla 6. Información técnica del SCR C106D.....	38
Tabla 7. Potencia total de dispositivos.....	43

Índice de Figuras.

Figura 1. Diodo Led. (a) Aspecto Físico. (b) Símbolo.....	7
Figura 2. Proceso de desconexión del diodo.	8
Figura 3. Diodo: a) símbolo, b) característica i-v, c) característica idealizada.....	8
Figura 4. Funcionamiento básico y su símbolo de un control rectificado de silicio.....	9
Figura 5. Característica de i-v.	9
Figura 6. Diac:(a) características; (b) símbolos y construcción básica.....	11
Figura 7. Simbología de interruptor controlado de Silicio.	12
Figura 8. Rectificador de media onda.	13
Figura 9. Media Onda Rectificada.....	13
Figura 10. Puente de Diodos.....	15
Figura 11. Señal de onda rectificada completa.	15
Figura 12. Regulador de voltaje 7812.	16
Figura 13. Simbología de Capacitor.....	19
Figura 14. Transformador monofásico.	24
Figura 15. Diagrama de la configuración estrella.	26
Figura 16. Conexión delta.	27
Figura 17. Diseño del PCB en PROTEUS.....	33
Figura 18. Diseño del PCB en PROTEUS.....	34
Figura 19. Fuente de voltaje.....	41
Figura 20. Rectificador de onda completa de fuente de voltaje.....	41
Figura 21. Circuito SCR con voltaje directo en el Diodo.	42
Figura 22. Circuito SCR con activación voltaje directo en el Diodo.....	42
Figura 23. Circuito SCR con voltaje alterno en la compuerta.....	43
Figura 24. Circuito TRIAC con voltaje alterno en la compuerta.....	43
Figura 25. Señal en el osciloscopio.....	44
Figura 26. PCB del banco de circuitos.	45
Figura 27. Prototipo 3D del tablero didáctico.	46

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	11
Ecuación 2	16
Ecuación 3	16
Ecuación 4	16
Ecuación 5	17
Ecuación 6	19
Ecuación 7	19
Ecuación 8	19
Ecuación 9	20
Ecuación 10	20
Ecuación 11	23

Resumen

Este proyecto de investigación presenta el “**Diseño y construcción de un banco de circuitos con dispositivos semiconductores para el control de un dispositivo monofásico**”, mediante la incorporación de los dispositivos (TRIAC¹, SCR², DIAC³, Diodos⁴). Concretamente en los siguientes circuitos: Circuito SCR con voltaje alterna en el Diodo, Circuito SCR con voltaje directo en el Diodo, Circuito SCR con voltaje directo en la compuerta, Circuito SCR con voltaje alterno en la compuerta.

El dimensionamiento de los circuitos se efectúa como primera instancia a través de las ecuaciones matemáticas. La comprobación del adecuado funcionamiento se llevó a cabo mediante el software PROTEUS.

Se implementa el dispositivo semiconductor SCR constituido de tres terminales, dos para el control de conducción del diodo y la tercera es llamada conmutación o GATE, donde es necesario enviar una pequeña señal de voltaje para que pueda conducir entre los terminales ánodo y cátodo. La utilización del TRIAC permite el control de encendido de los dispositivos, similar al funcionamiento de un relé de conmutación. Además, se efectuó la aplicación del DIAC cuyas características es un diodo bidireccional que conduce la intensidad solo tras llegar a superarse su tensión de disparo mientras la corriente circulante no sea inferior al valor característico para ese dispositivo.

El diseño y construcción se realiza incluyendo el control de fiabilidad del diseño; medición de las variables (intensidad; voltaje; señales) y las pruebas, que permiten verificar la funcionalidad de los dispositivos semiconductores en el control de un dispositivo monofásico. Adicionalmente el sistema de control ensamblado en el banco de circuitos, permite generar un prototipo didáctico para futuras prácticas en el laboratorio del Instituto Tecnológico Superior “Mariano Samaniego”.

¹ Dispositivo semiconductor semicontrolado.

² Rectificador de selicio semicontrolado.

³ Dispositivo semiconductor semicontrolado

⁴ Dispostivo no controlados

Abstract

This work bases its line of argumentation and application on the design and construction of a circuit bank with semiconductor devices for the control of a single-phase device, by incorporating devices (TRIAC⁵, SCR⁶, DIAC⁷, Diodes⁸). Specifically in the following circuits: SCR circuit with alternating voltage on Diode, SCR circuit with direct voltage on Diode, SCR circuit with direct voltage on gate, SCR circuit with alternating voltage on gate.

The sizing of the circuits was carried out as a first instance through mathematical equations. The verification of the proper operation was carried out by means of the PROTEUS engineering software, based on its performance, the design of the circuits to be used in this work was elaborated.

The SCR semiconductor device was implemented, consisting of three terminals, two are for the diode conduction control and the third is called switching or GATE, where it is necessary to send a signal for the conduction control. The use of the TRIAC allowed the control of the switching on of the devices, similar to the operation of a switching relay. In addition, the application of the DIAC was carried out, whose characteristics is a bidirectional diode that conducts the current only after its tripping voltage has been exceeded and as long as the circulating current is not lower than the characteristic value for that device.

The assembly and construction was carried out including the reliability control of the design; measurement of the variables (current; voltage; signals) and the tests, which allow verifying the feasibility of the functionality of the semiconductor devices in the control of a single-phase device. Additionally, the control system assembled in the circuit bank will allow generating a didactic model for future practices in the laboratory of the Instituto Tecnológico Superior "Mariano Samaniego".

⁵ Semi-controlled semiconductor device

⁶ Semi-controlled silicon rectifier.

⁷ Semi-controlled semiconductor device

⁸ Uncontrolled device

Introducción

Los dispositivos semiconductores aplicados en electrónica de potencia, proponen prestaciones en el campo de la conmutación o conversión de energía eléctrica permitiendo diversificar las aplicaciones de la electrónica de potencia en la construcción de circuitos, resaltando el uso de la electrónica de estado sólido para el control y conversión de la energía eléctrica.

Con la aplicación de los dispositivos semiconductores de potencia, se diversifica sus aplicaciones en la tecnología contemporánea, evidenciándose la adaptación de sistemas electrónicos de potencia en el control de procesos industriales, propone en su diversidad, circuitos para el control de temperatura, intensidad lumínica, control de velocidades de un motor, fuentes de alimentación, entre otros circuitos encargados del control de un determinado proceso.

La constante evolución tecnológica dentro del campo de la electrónica de potencia, fomenta la creación de microcontroladores que permiten suministrar tensiones y corrientes que deseemos, permitiendo a la reducción de espacio y disminución de tiempo de activación.

El presente proyecto justifica estructuración académica y práctica en el **“Diseño y construcción de un banco de circuitos con dispositivos semiconductores para el control de un dispositivo monofásico”** con la finalidad de tener un mejor apoyo didáctico al momento de realizar práctica en el laboratorio del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, debido a la difícil accesibilidad que se tiene al momento de intentar conseguir materiales electrónicos.

Para el cumplimiento de los objetivos, se desarrollará cuatro circuitos el cual se podrá controlar dispositivo monofásico como en los cuales tendremos un motor a escobillas, lámpara y una bomba de agua para peceras de corriente alterna. En estos dispositivos monofásicos podremos identificar la variación de velocidad de giro en el motor de escobillas, en la lámpara se podrá visualizar la intensidad lumínica y en la bomba de agua se observará el cambio de caudal.

En este proyecto se evidenció inconvenientes que limitaron el desarrollo del mismo, una de ellas es, no contar con valores comerciales en el mercado, otra limitación que se pudo encontrar es al momento de ser variación de velocidad de un motor se podrá con motores a escobillas.

En el desarrollo de este proyecto se utiliza las metodologías como parte teórica e investigativa, el procesamiento de los cálculos, en la parte práctica, se encuentra la simulación en el programa ingenieril PROTEUS y el armado de circuito. En el capítulo I se habla sobre las generalidades de electrónica de potencia donde se hará énfasis en la clasificación de semiconductores de acuerdo con su grado de controlabilidad. En el capítulo II está comprendido por regulador de voltaje de salida haciendo énfasis en el filtrado. En el III capítulo se trata sobre maquinas eléctricas de potencia donde se describirá más los tipos de motores que hay. En el IV capítulo se trata sobre métodos materiales que se ocupara en el desarrollo del proyecto.

La importancia de este trabajo radica en la construcción de un banco de circuitos con dispositivos semiconductores de potencia, que permita a los usuarios una correcta comprensión de la diversidad de aplicación de la electrónica de potencia para el control de dispositivos monofásicos, todo ello justificado con el respaldo matemático y teórico.

Objetivo General:

Diseñar y construir circuitos con dispositivos semiconductores aplicados en Electrónica de potencia para el control de dispositivos monofásicos.

Objetivo Específicos:

- Diseño de circuitos de control enfocado en las diversas funcionalidades de los módulos semiconductores para el arranque de dispositivos de potencia monofásica (motores).
- Cálculo de los elementos del circuito de control construido en base a dispositivos semiconductores.
- Comprobar el circuito de manera ideal a partir de la implementación del software ingenieril PROTEUS.
- Construir un prototipo de tablero didáctico para la implementación en prácticas del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA.

Desde hace algunas décadas existe la necesidad de diseñar e implementar sistema de control de alta potencia, esto conlleva a combinar la combinación de electrónica y control. (Rashid, 1993, p. 1)

1.1 Aplicación de la electrónica de potencia.

El control por lo general se encarga del bloque de potencia estática y giratoria, por la distribución y transmisión de energía eléctrica. La Electrónica se encarga de procesos de señales para el control de dispositivos. Los sistemas de electrónica de potencia se encargan en el proceso de señales de dispositivos. La electrónica de potencia es la aplicación combinada de electrónica y control. En el lapso de los últimos años han progresado los dispositivos semiconductores mejorando sin duda la capacidad de energía y conmutación⁹, junto con el gran avance de microprocesadores dando un gran avance a control de dispositivos.

La electrónica de potencia, tiene un gran avance en los encapsulados que hoy en día se ocupa en la mayor parte de productos, gracias a sus diversas aplicaciones como control de iluminación, control de motores, fuentes de alimentación etc. (Rashid, 1993, p. 1)

1.2 Semiconductores de potencia.

Un semiconductor es aquel que opone mayor resistencia eléctrica que los conductores convencionales como hierro y aluminio, siendo menor a los aislantes. Los materiales son el Germanio y el Silicio, deben dopar su estado puro para mejorar su utilidad.

1.2.1 Clasificación de semiconductores de acuerdo son su grado de control.

Los semiconductores se clasifican de acuerdo al grado de controlabilidad siendo los siguientes:

⁹ Conmutación: Desviar la corriente de un circuito.

- No controlados (Diodos luminiscentes, diodos de potencia).
- Semicontrolados (SCR, TRIAC, DIAC).
- Controlados.

1.2.1.1 Semiconductores no controlados.

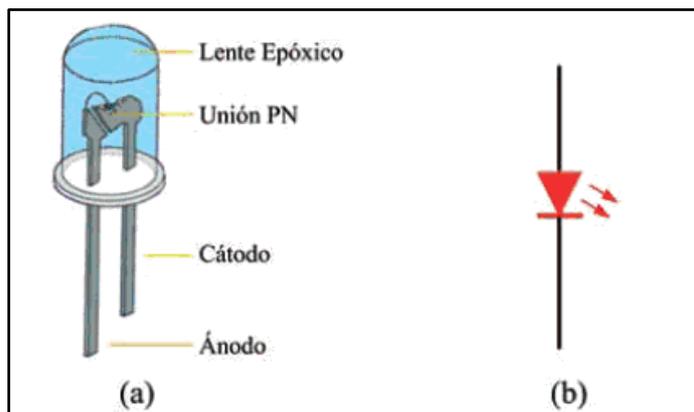
Son controlados por el circuito de potencia, donde sus estados son dos de conexión y desconexión, como un interruptor ideal, además no cuenta con ningún terminal de control externo. (Ned Mohan, 2009, p. 15)

1.2.1.1.1 Diodos luminiscentes.

Este dispositivo electrónico se implementa para señalización de encendido de cualquier equipo. El diodo led es la unión de dos cristales semiconductores PN, fabricados con elementos especiales como fosforo y Arsenio de Galio. (Miguel, 2010, p. 156)

Figura 1

Diodo Led. (a) Aspecto Físico. (b) Símbolo.



Nota: Tomado de (Miguel, 2010, p. 156)

En la figura 1.a se muestra lo que es aspecto físico y sus partes y figura1.b su simbología.

1.2.1.1.2 Diodos de potencia.

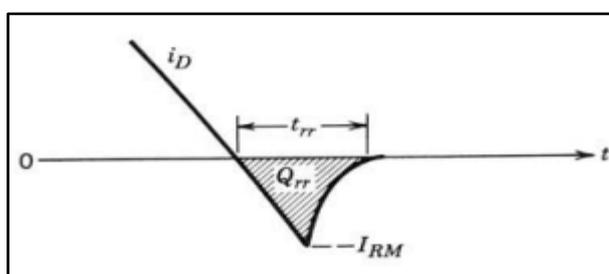
Los diodos en polarización directa son capaces de conducir a partir del rango de 1 V, se dopa y cumple la función de interruptor abierto. En polarización inversa el diodo se comporta bloqueo. Para entrar en estos estados dependerán del circuito de potencia y no disponen de ningún terminal de control externo. (Ned Mohan, 2009, p. 15)

En la Figura 3.a. se muestra el diodo, su simbología, en la Figura 3.b. el diodo con su curva característica y en la Figura 3.c. el diodo ideal.

El diodo en su estado cerrado tiende a un encendido rápido en comparación a los transistores en el circuito de energía al momento de desconexión (Bloqueo) entrará en un tiempo de recuperación inversa Tiempo de recuperación (t_{rr}^{10}), como se muestra en la figura 2. Este tiempo de recuperación es necesario para barrer el exceso en el diodo y que permita bloquear el voltaje de polaridad negativa. (Ned Mohan, 2009, p. 16)

Figura 2.

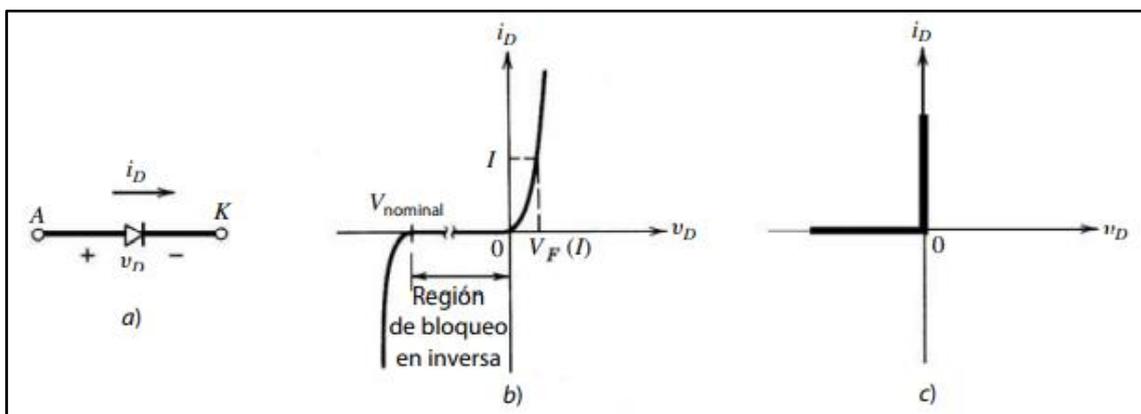
Proceso de desconexión del diodo.



Nota: Tomado de (Ned Mohan, 2009, p. 16)

Figura 3

Diodo: a) símbolo, b) característica i-v, c) característica idealizada.



Nota: Tomado de (Ned Mohan, 2009, p. 16)

1.2.1.2 Semiconductores semicontrolados.

En los semiconductores semicontrolados se encuentra la familia de los tiristores, que tienen tres terminales, dos terminales son para determinar el estado de conducción y de

¹⁰ Trr: Tiempo de recuperación hasta llegar 0v

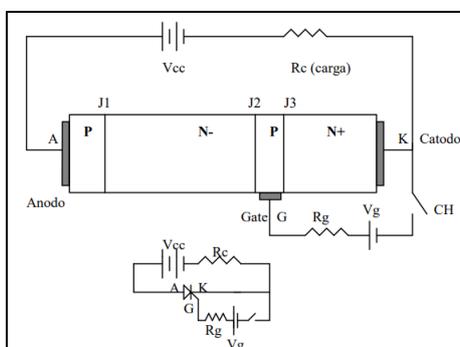
bloque (Depende de la forma de polarizar), el tercer terminal es de conmutación más conocida como puerta (Gate), controla la puesta de conducción, este no bloquea al dispositivo. (Ned Mohan, 2009, p. 16-17)

1.2.1.2.1 Control rectificador de silicio SCR.

Está construido con silicio y consta de un tercer terminal para el control de la conducción del diodo de las dos terminales, no basta con polarizar el diodo, se debe enviar una señal a la puerta (Gate). (BOYLESTAD, 2009, p. 832)

Figura 4

Funcionamiento básico y su símbolo de un control rectificado de silicio.

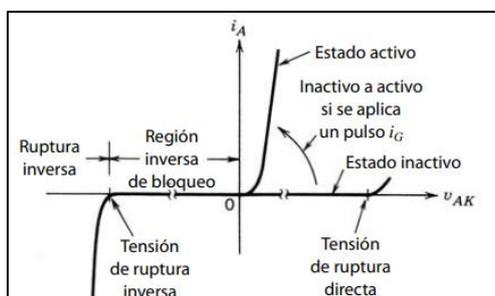


Nota: Tomado de (Pomilio, 2014)

Se detalla en la figura 4 el SCR se forma por 4 capas semiconductoras, alternadamente P-N-P-N con tres terminales donde el gate es el encargado para que cierre la conducción entre ánodo(A) y Cátodo (K).

Figura 5.

Característica de i-v.



Nota: Tomado de (Ned Mohan, 2009, p. 17)

“**Tensión de ruptura directa:** Es el voltaje sobre el cual el SCR entra a la región de conducción. En la cual tendremos las siguientes:

- **Región inversa de bloqueo:** Es el valor de la corriente por debajo de la cual el SCR cambia del estado de conducción a la región de bloqueo en directa en las condiciones establecidas.
- **Estado inactivo y tensión de ruptura inversa:** Son las regiones correspondientes a la condición de circuito abierto para el rectificador controlado que bloquean el flujo de carga (corriente) del ánodo al cátodo.
- **Ruptura inversa:** Es equivalente a la región Zener o de avalancha del diodo semiconductor fundamental de dos capas". (BOYLESTAD, 2009, p. 834)

1.2.1.2.2 Trío de corriente alterna TRIAC.

Un TRIAC es la combinación de DIAC con un terminal de compuerta para el control del encendido de dispositivos bilateral¹¹ en cualquiera de las dos direcciones. El control es similar de un SCR configurándolo en paralelo con diferentes polaridades y el Gate (BOYLESTAD, 2009, p. 847).

“Para cada posible dirección de conducción, existe una combinación de capas semiconductoras, cuyo estado controlar la señal aplicada a la terminal de compuerta”. (BOYLESTAD, 2009, p. 847).

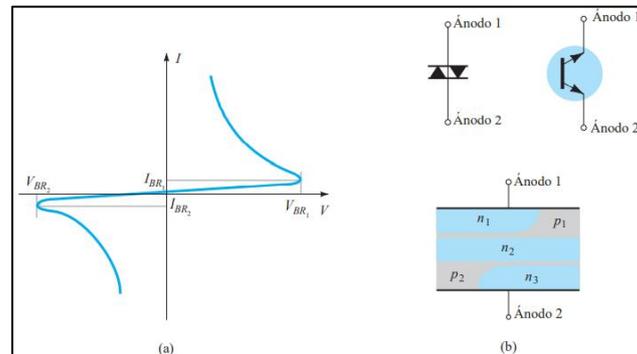
1.2.1.2.3 DIAC.

El Diac es la combinación de dos terminales de capas semiconductoras que permite la conducción de voltaje en cualquiera de las direcciones se describe en la figura 6.a., este semiconductor es aprovechado al máximo en Corriente Alterna, por lo que puede ir en las dos direcciones.

¹¹ Encendido en dos direcciones.

Figura 6

Diac: (a) características; (b) símbolos y construcción básica.



Autor: Tomado de (BOYLESTAD, 2009, p. 845)

En la figura 6.a.b. se muestra las características, símbolos y construcción básica. En las características se observan, el encendido en cualquiera de las dos direcciones considerando que deben superar V_{BR1} o V_{BR2} . La ecuación 1 provista en hoja de especificaciones:

$$V_{BR1} = V_{BR2} \pm 0.1V_{BR2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

V_{BR1} = Voltaje de ruptura positiva.

V_{BR2} = Voltaje de ruptura negativa.

Voltaje del diodo = 0.1V

En la construcción de Diac se observa que ninguno de los dos terminales son cátodos, Como se indica en la Figura 6.b muestra que cuando el ánodo 1 es positivo el orden de las capas serán las siguientes $p_1n_2p_2$ y n_3 . El ánodo 2 es positivo el orden de las capas son las siguientes $p_2n_2p_1$ y n_1 . Considerando que capa positiva es (p) y capa negativa es (n). (BOYLESTAD, 2009, p. 846)

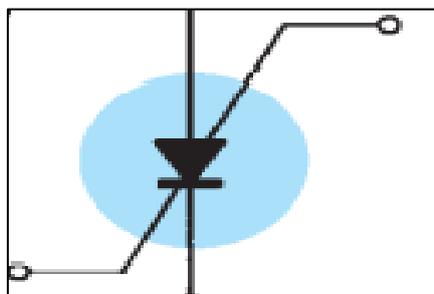
1.2.1.3 Semiconductores controlados.

El interruptor semicontrolado de silicio, es un dispositivo de 4 capas positiva-negativa-positiva-negativa, es igual al rectificador controlado de silicio, con la diferencia que, cuatro capas están disponibles al aumento de una compuerta de ánodo. Mientras mayor sea la corriente en la compuerta de ánodo, se requiere menos voltaje del ánodo al cátodo para encender el dispositivo.

Para el encendido de un dispositivo, se envía un pulso negativo y apagado. (BOYLESTAD, 2009, p. 839).

Figura 7

Simbología de interruptor controlado de Silicio.



Nota: Tomado de (BOYLESTAD, 2009, p. 840)

En la Figura 7 se muestra la simbología donde tiene dos compuertas para controlar el encendido y apagado del equipo.

1.3 Dispositivos semiconductores en la rectificación de onda AC.

En el estudio y desarrollo de las propiedades físicas de los dispositivos semiconductores, ha generado diversificación de dispositivos eléctricos, significando un gran avance científico-tecnológico, además, los dispositivos semiconductores se clasifican de acuerdo a su control en dispositivos no controlados (diodos), dispositivos semicontrolados (Tiristores) y dispositivos totalmente controlados (transistores).

1.3.1 Dispositivos no controlados (diodos rectificadores).

El diodo no dispone de un terminal de control externo sus estados de conducción depende el circuito de potencia.

Para el prototipo diseñado e implementado, se utiliza diodos rectificadores, la composición es de silicio con una caída de tensión de 0.7V, permitiendo la rectificación en función al número de diodos, se clasifican de la siguiente manera según lo planteado por Carrillo (2014).

- Rectificador de media onda, formado por un unico diodo

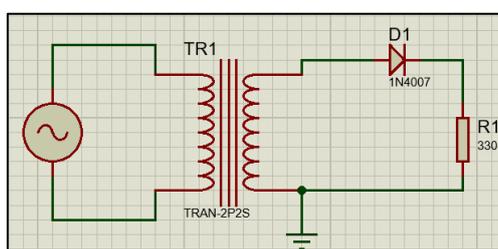
- Rectificador de onda completa este a su vez se clasifica en

1.3.2 Rectificador de media onda.

Genera una señal DC a partir de una señal senoidal AC, permitiendo el paso de la señal que se recibe a la señal de acuerdo a la función de su conexión, en polarización directa el diodo eliminara la parte negativa de la señal y en la polarización inversa se eliminara la parte positiva. (Valle P. M., 2019)

Figura 8

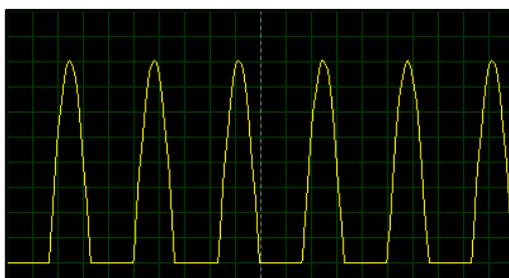
Rectificador de media onda.



Nota: Elaborado por los autores.

Figura 9

Media Onda Rectificada.



NOTA: Elaborado por los autores.

La desventaja de la rectificación de media onda por no utilizar toda la energía disponible, ya que uno de los semiciclos es desaprovechado se llega a producir una magnetización del núcleo debido a que el campo magnético es unidireccional¹², esta magnetización se traduce en que la saturación magnética se alcanza con valores menores de corriente, produciéndose deformación en la onda, para este inconveniente se establece la utilización de rectificadores de onda completa.

¹² Unidireccional: Va a una sola dirección.

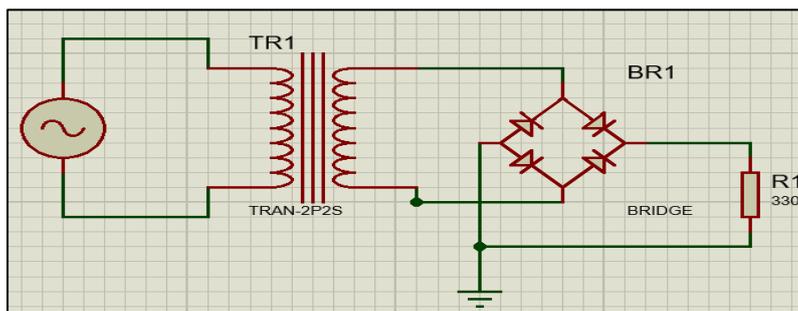
1.3.3 Rectificador con puente de diodos onda completa.

El rectificador hace conversión de una corriente alterna en continua. En la Figura 10 se indica como es la configuración de puente de diodos después de la salida del transformador. En la Figura 11. Se muestra la señal rectificada después de la salida de puente de diodos y se muestran solo semiciclos positivos aprovechando lo máximo la corriente.

Miyara (2002) establece “la rectificación completa de la onda se aprovecha la totalidad de la señal de entrada, además la corriente que llega fuente ya no es unidireccional evitando la magnetización del núcleo del transformador “. (p.3)

Figura 10

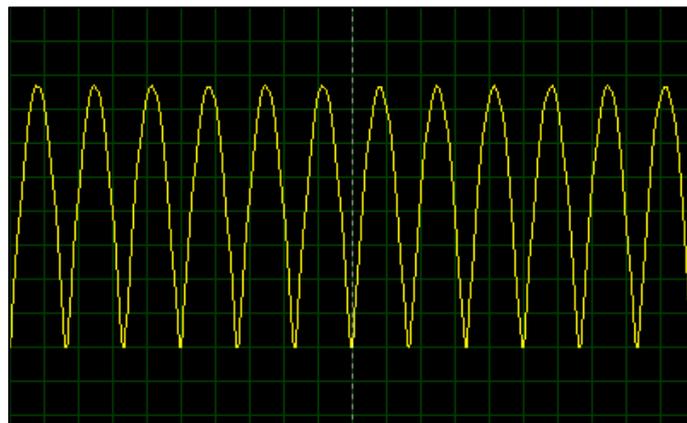
Puente de Diodos.



NOTA: Elaborado los autores.

Figura 11

Señal de onda rectificada completa.



NOTA: Elaborado por los autores.

CAPÍTULO II

REGULADOR DE VOLTAJE SALIDA FIJA.

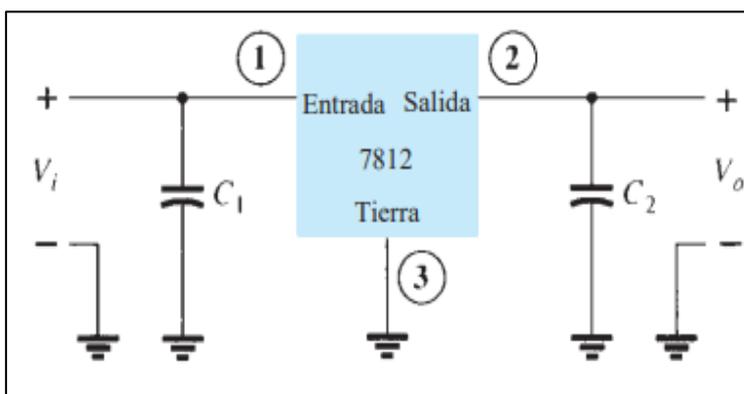
Es un voltaje fijo de salida respecto a su señal de entrada, se necesita de un sistema de filtrado con capacitores para filtrar la señal y eliminar ruido

2.1 Regulador de voltaje 7805.

Según (BOYLESTAD, 2009) “Los reguladores de la serie 78 proporcionan voltajes regulados fijos de 5 V a 24 V. La Figura 12 muestra cómo se configura su conexión, un 7812 para regular el voltaje con una salida de esta unidad de +12 V de cd. El capacitor C_1 filtra el voltaje de entrada no regulado V_i y se envía a la terminal IN (entrada) del circuito integrado. La terminal OUT (salida) del circuito integrado proporciona un voltaje de +12 V, filtrado por el capacitor C_2 (principalmente para ruido de alta frecuencia). La tercera terminal del circuito integrado está conectado a tierra (GND). Si bien el voltaje de entrada puede variar dentro de algún intervalo de voltaje permisible y la carga de salida dentro de un voltaje aceptable, el voltaje de salida permanece constante dentro de los límites de variación del voltaje especificados. Estos límites aparecen en las hojas de especificaciones del fabricante”. (p. 788-789)

Figura 12

Regulador de voltaje 7812.



Nota: C_1 y C_2 simbología de capacitores, Tomado de (BOYLESTAD, 2009, p. 788)

2.2 Ley de ohm

Mantilla (1983) señala, “la intensidad de la corriente que pasa por un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia” (p.21). Se expresa de la siguiente manera en la ecuación 2, para la obtención de las variables presentes en el proyecto.

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación 2.}$$

I= Corriente (A).

V= Voltaje (V).

R= Resistencia (Ω).

Además, con la aplicación de la ley de ohm, establece la ley de potencia, se define como la potencia consumida por la carga directamente proporcional al voltaje suministrado y a la corriente que circula por el sistema de potencia.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 3.}$$

V= Voltaje (V).

R= Resistencia (Ω).

P= Potencia (W).

2.2.1 Ley de Kirchhoff.

Esta ley establece que, en cualquier nodo de un circuito cerrado y con flujo de corriente, la suma algebraica de las corrientes que entra es igual a la sumatoria de las corrientes de salida, por tanto, la suma de todas las corrientes es igual a cero.

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots = 0 \quad \text{Ecuación 4.}$$

I1= Corriente 1.

I2= Corriente 2.

I3= Corriente 3.

I4= Corriente 4.

2.2.2 Ley de voltajes.

Al igual que la ley de las corrientes, se establece que en un circuito la suma de las caídas de tensión es igual al voltaje de la fuente alimentadora. Las caídas de tensión son producto del voltaje generado por los elementos pasivos de un circuito. (Sossa, 2015) Señala” la suma algebraica de las tensiones alrededor de cualquier trayectoria cerrada es cero”.

$$V1 + V2 + V3 + V4 + \dots = 0$$

Ecuación 5.

V1= Voltaje 1.

V2= Voltaje 2.

V3= Voltaje 3.

V4= Voltaje 4.

2.3 *Disipador de calor.*

Debido al reducido tamaño de los transistores y otros dispositivos de potencia, estos no son idóneos para disipar toda la potencia que entregan sin calentarse excesivamente, causante de un alto riesgo de destrucción, tal motivo es necesario hacer uso de un dispositivo que ayude a la facilitación de la eliminación de esa potencia generada; la cual es la función de un disipador (heat sink). El calor se traslada por tres mecanismos los cuales son: conducción, convección y radiación. Heat sink utiliza el mecanismo de conducción para la disipación del calor.

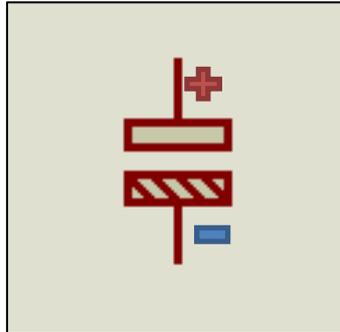
2.4 Sistema de filtrado.

Para realizar una adecuada rectificación de la señal de tensión, es necesario la implementación de un filtro para transformar dicha señal a un nivel continuo, permite que la tensión de salida del rectificador no sea punzante, debido a la presencia de un rizado residual que puede ser mayor o menor, esto dependerá de los componentes que se usa en el filtro. Entre los principales sistemas de filtrado se encuentran los capacitores, son componentes eléctricos fabricados para almacenar cierta cantidad de carga eléctrica, su composición está constituida por dos placas conductoras metálicas y una capa delgada de dieléctrico entre dos placas conductoras.

2.4.1 Capacitor.

Figura 13

Simbología de Capacitor.



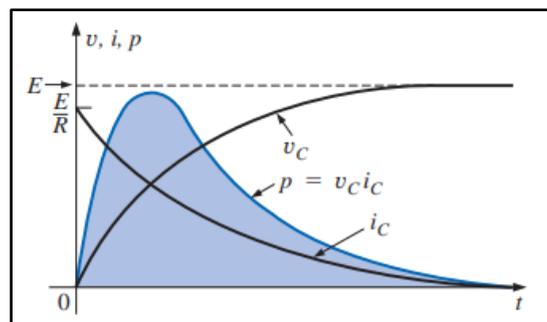
Nota: simbología del capacitor, desarrollado por los autores, Orly C. John H. Jefferson S.

“El capacitor almacena energía en una forma que cuándo el circuito requiera esa energía sea reintegrada para posteriormente usarla”. (BOYLESTAD, 2009, p. 375)

Un capacitor ideal no disipa la energía almacenada, si no que la almacena en forma de campo eléctrico entre las superficies conductoras. En la Figura 14, se presenta una gráfica del voltaje, la corriente y la potencia en un capacitor durante la fase de carga. La curva de potencia se obtiene al calcular el producto del voltaje y la corriente en instantes seleccionados y conectando los puntos obtenidos. (BOYLESTAD, 2009, p. 413)

Figura 14.

Gráfica de la potencia hacia un elemento capacitivo durante la fase transitoria.



Nota: curva representativa de carga y descarga de un capacitor, tomado de (BOYLESTAD, 2009, p. 413)

2.4.2 Filtro de capacitores.

Los valores de capacitancia proporcionan menos rizo¹³ y voltaje promedio alto, esta característica mejora el filtrado de la señal, además afecta el pico de los diodos rectificadores. Se concluye, mientras más grande sea el valor del capacitor, mayor será la corriente pico extraído por conducto de los diodos de rectificación. (Rashid, 1993)

2.4.3 Voltaje de Rizo

Es el voltaje rectificado de onda completa a través de un rectificador de diodos, pasando por un filtro de capacitor sencillo para filtrar la señal y sea más recta posible. El voltaje resultante en DC tiene presenta variaciones de voltaje de AC (voltaje de rizo), para determinar la variación en el voltaje rectificado se utiliza la Ecuación 6.

$$V_{rizo} = 10 \% * V_p \quad \text{Ecuación 6.}$$

V_{rizo} = Voltaje Rizo.

V_p = Voltaje pico.

2.4.4 Filtro RC.

La reducción de niveles de voltajes picos en la señal rectificada se obtiene mediante una sección adicional de filtro RC, el propósito de esta sección es, permitir el paso de la mayor parte del componente DC mientras se reduce lo más posible el componente de AC. La operación del circuito de filtrado se analiza por medio de la superposición para los componentes de AC y de la señal rectificada.

2.4.5 Cálculo de voltaje de capacitor.

El voltaje del capacitor se calcula a partir de la siguiente Ecuación 7 y Ecuación 8:

$$V_c = V_2 * \sqrt{2} - V_{D1} - V_{D2} \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$V_c = V_p \quad \text{Ecuación 8.}$$

V_c = Voltaje de Capacitor.

V_2 = Voltaje de salida de transformador secundario.

V_{D1} y V_{D2} = Voltaje de Diodo.

¹³ Es el residuo es luego de filtrar una señal

V_p = Voltaje Pico.

2.4.6 Constante de tiempo en un circuito RC.

Un circuito de resistor-capacitor su comportamiento en serie se describe en forma de cuántas constantes de tiempo han transcurrido. La constante de tiempo para un circuito RC está diseñada por la Ecuación 9:

$$t = RC \qquad \text{Ecuación 9.}$$

t = Constante de tiempo en segundos.

R = Resistencia en ohm.

C = Representa la capacitancia.

Por lo general, el comportamiento de todos los circuitos RC en serie, se describen por la curva de la constante de tiempo universal y por reglas como se describen a continuación.

1) Debe ser su periodo cinco veces a la mayor constante para cargar un capacitor al 99.3%

2) En un circuito RC, el capacitor se carga a 63% de voltaje de alimentación completo. (Maloney, 2006, p. 62)

2.4.7 Capacitancia del capacitor.

La capacidad del capacitor, es la propiedad que tiene para almacenar cantidad de electricidad, depende de la tensión aplicada entre sus armaduras y de sus características constructivas. Para encontrar la capacitancia del capacitor se utiliza la siguiente Ecuación 10.

$$C = \frac{I_{DC}}{F * V_{rizo}} \qquad \text{Ecuación 10.}$$

C = Capacitor.

I_{DC} = Corriente DC.

F = Frecuencia.

V_{rizo} = Voltaje Rizo.

2.4.8 Filtro Snubber.

El filtro de snubber puede ser disipativo o no disipativo, para protección directa o inversa, son implementadas para amortiguar los posibles picos en un tiristor por debajo de un determinado valor límite.

CAPÍTULO III

MAQUINAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA

Las maquinas eléctricas se presentan como la alternativa de transformación de energía eléctrica en otro tipo de energía con diferentes prestaciones o parámetros de tensión y corriente, se encuentran las maquinas eléctricas estáticas (transformadores) y rotativas (motores, generadores).

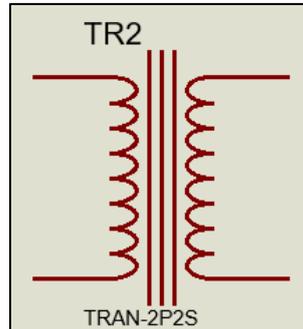
El principio general de funcionamiento se basa en los tres principios de la inducción electromagnética que son:

- Toda corriente eléctrica que pasa por un conductor enrollado a un núcleo metálico de acero o hierro se comporta como imán.
- Las corrientes eléctricas producen entre si fuerzas a distancia.
- Cuando se mueve un conductor, la señal sinusoidal del campo magnético se induce sobre una corriente eléctrica.

3.1 Transformador.

Las prestaciones del transformador permiten reducir o aumentar la potencia eléctrica de corriente alterna en un valor de diferente tensión y corriente. J.Chapman (2012) menciona que “La ley de Faraday establece que, en una bobina de alambre conductor se generará un voltaje proporcional a la tasa de cambio del flujo que la atraviesa con respecto al tiempo, siendo esta la base de funcionamiento del transformador”.

La estructura básica de un transformador, consiste en un núcleo compuesto por láminas de hierro, devanado primario con un número de espiras determinado por el cual ingresa la energía eléctrica y el devanado secundario con un número de espiras por el cual se suministra la energía de inducción del devanado primario. En la Figura 14 se indica la simbología de un transformador monofásico.

Figura 14*Transformador monofásico.*

NOTA: Elaborado por los autores.

3.1.1 Relación de transformación

La relación se presenta como un indicador de incremento o decremento del voltaje de salida respecto al voltaje de entrada, guardando dependencia con el número de espiras entre los dos devanados, para ello J.Chapman (2012) establece, “la relación entre el voltaje entre el voltaje aplicado al devanado primario y el voltaje producido en el devanado secundario”.

Se presente en la siguiente Ecuación 11 la relación de transformación.

Ecuación 11.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_1}{N_2} = m$$

Donde.

V_p= voltaje aplicado en el devanado primario

V_s= voltaje producido en el devanado secundario

N₁= número de espiras en el primario

N₂= número de espiras en el secundario

m= relación del transformador

3.2 Maquinas eléctricas rotativas (motores).

Los motores eléctricos convencionales tienen como característica principal la conversión de energía en un movimiento rotatorio, su construcción se basa en un circuito magnético, circuitos eléctricos y soportes mecánicos.

Los motores tienen un circuito magnético sin polos salientes presentando ranuras tanto en el estator como el rotor, se encuentra en influencia del campo magnético giratorio en donde se evidenciará pérdidas magnéticas, además la estructura de estas máquinas se fabrica en base de aleación de chapas de acero para evitar pérdidas. Además, el devanado del rotor forma un circuito cerrado por el que circula corrientes inducidas por el campo magnético, representándose en dos tipos, jaula de ardilla y de rotor bobinado.

Según Pozueta (2018), la jaula de ardilla es un devanado formado por barras alojadas en las ranuras del rotor que quedan unidas entre sí, por sus dos extremos mediante celdas o anillos de corto circuito. El número de fases presente en el circuito depende del número de barras, además, los anillos presentan aletas que desvían el calor generado en la jaula durante el funcionamiento de la máquina.

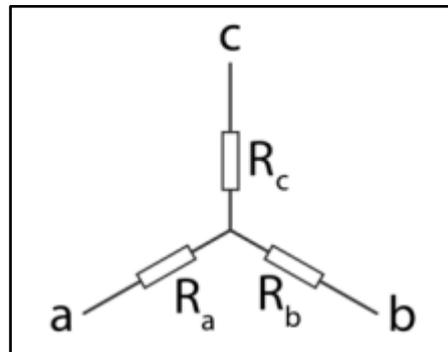
El rotor bobinado o anillos, tiene un devanado trifásico normal, cuyas fases se conectan al exterior a través de un colector de tres anillos y sus correspondientes escobillas. En funcionamiento normal, estos tres anillos están cortocircuitados. Se instala en ambos tipos de rotores ranuras ligeramente inclinadas con respecto al eje de la máquina. El bloque de chapas que forma el circuito magnético del rotor tiene un agujero central donde se introducirá el eje o árbol de la máquina. Se implementa un ventilador en este eje para facilitar la refrigeración de la máquina.

3.2.1 Conexión estrella.

Rafael (2015) señala que, “la conexión en estrella se designa por la letra Y, se consigue uniendo los terminales negativos de tres bobinas en un punto común, que se denomina neutro, este normalmente se conecta a tierra. Las fases se conectan a los terminales positivo” (p.27)

Figura 15

Diagrama de la configuración estrella.

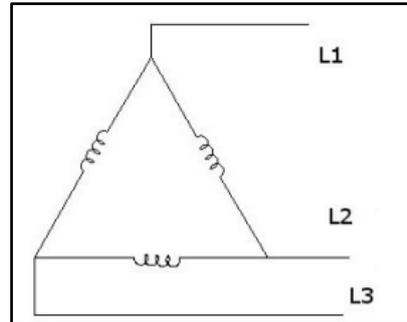


Nota: Tomado de (Rafael, 2015, p. 27)

En la Figura 15 se indica la conexión estrella, las corrientes presentes en las líneas y la corriente de fase, tienen el mismo valor de intensidad. Los voltajes de línea son distintos a los voltajes de fase. Los voltajes de líneas son iguales a los voltajes de fase multiplicados por raíz de tres, con un atraso del voltaje de fase de 30 grados en relación a los voltajes de línea.

3.2.2 CONEXIÓN DELTA.

Esta conexión se realiza, uniendo el final de las bobinas con el principio de la siguiente, hasta cerrar la conexión formando un triángulo, en esta configuración no existe el neutro y las fases salen de las esquinas del triángulo como se indica en la Figura 16. Las tensiones de fase coinciden con las tensiones de línea, contrario, las corrientes de fase son distintas de las corrientes de línea, estas últimas resultan de la multiplicación de las corrientes de fase por la raíz de tres, y la corriente de fase se encuentra atrasada 30 grados que la corriente de línea. (Rafael, 2015)

Figura 16*Conexión delta.*

Nota: tomado de (Rafael, 2015, p. 27)

3.2.3 CONTROL DE VELOCIDAD EN MOTORES ELECTRICOS.

La diversa aplicación de los motores eléctricos dentro de la industria, genera la necesidad de implementar un control de velocidad, con la finalidad de fomentar su prestación en actividades donde se requiera determinadas velocidades o cambios en su funcionamiento.

Los dispositivos semiconductores de potencia se presentan como los elementos que permiten el control de motores, aplicando la regulación de potencia en la carga, sin embargo, este control con dispositivos semiconductores está focalizado en determinados tipos de motores. A continuación, se describe el tipo de motor y el control de velocidad respectivo, dentro de su clasificación en monofásicos.

3.2.4 CONTROL EN MOTORES AC SÍNCRONO.

La velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales en los motores síncronos, Nistal (2014) describe, los motores síncronos funcionan a la velocidad síncrona del suministro, dependiendo de la frecuencia y del número de polos del rotor; con la aplicación de dispositivos semiconductores de estado sólido, la frecuencia de suministro energético puede ser variada para controlar la velocidad del motor síncrono, variando la frecuencia de la alimentación del motor.

La velocidad de giro del motor es directamente proporcional a la red de corriente AC que lo alimenta, este fenómeno es característico en motores síncronos, comúnmente para controlar la velocidad de un motor se debe manipular la señal de entrada de corriente.

3.2.5 CONTROL EN MOTORES AC ASÍNCRONO.

Pozueta (2018) señala que, las máquinas asíncronas, tienen un circuito sin polos salientes, se encuentran ranurados tanto el estator como el rotor, este tipo de motor eléctrico monofásico es considerado de inducción de jaula de ardilla.

El principio de funcionamiento está sujeto a un segundo bobinado en serie, tiene un condensador este permite el arranque del motor, el campo magnético generado por este bobinado está desfasado en relación al campo generado por el flujo principal, permitiendo el arranque del motor monofásico asíncrono, este bobinado auxiliar para el arranque se desconecta automáticamente cuando alcanza la velocidad nominal del motor, los motores monofásicos no están diseñados para velocidad variable, están configurados para alcanzar una velocidad fija, este tipo de motor no posee colector y escobillas, ya que su rotor es jaula de ardilla.

CAPÍTULO IV.

MATERIALES Y METODOS.

4.1 MATERIALES

Los elementos para el diseño y construcción del prototipo, están comprendidos en componentes electrónicos y eléctricos necesarios para el proyecto, cada elemento tiene un valor nominal determinado, además, es necesario la implementación de materiales para la estructura y ensamblado. A continuación, se presenta los principales materiales a utilizar en las siguientes tablas 1 y 2, detallándose la unidad de medida y una breve descripción.

Tabla 1.

Materiales electrónicos y eléctricos

Componentes electrónicos y eléctricos		
Componente	Unidad de medida	Descripción
Resistencias	Ohmios	Componente que se opone al flujo de corriente.
Potenciómetros	Ohmios	Resistencia variable.
Capacitores	Faradios	Electrolíticos: Posee polaridad, utilizado como filtro de señales, oscilador y generador de frecuencias. Cerámicos: No poseen polaridad, cuyo material dieléctrico es cerámico.
Lámpara incandescente	.....	Dispositivo monofásico emisor de luz.
TRIAC	.....	Dispositivo semiconductor bidireccional, se activa con una señal de corriente al pin GATE.
SCR	.....	Es un semiconductor rectificador controlado de silicio
Diodo	.....	Dispositivo unidireccional que permite el paso de corriente en un solo sentido.
Motor bifásico	Hp	Maquina rotatoria que convierte la energía eléctrica en mecánica.
Puente rectificador	.....	Permite la rectificación de una onda senoide en continua y está conformado por cuatro diodos.
Transformador monofásico	.....	Maquina estática, permite la disminución o aumento de tensión.

Pulsador	.....	Permite abrir o cerrar el circuito con un pulso constante.
Interruptor	.....	Cierra o abre el circuito.
Fusible	Amperios	Dispositivo de protección que abre el circuito cuando sobrepasa su corriente nominal.
Baquelita	.....	Lámina de cobre para el montaje y diseño de placas electrónicas.
Led	.....	Diodo emisor de luz.
Selector	.....	Permite la conmutación en tres posiciones diferentes.
Acido de cloruro férrico	.....	Disuelve el cobre de la baquelita, dejando solo las pistas del circuito.
MOC 3021	.....	Componente semiconductor para el control eléctrico en base a la electrónica.

Nota: Elaborado por los autores.

El montaje del prototipo en físico necesita de materiales como se detallan en la tabla 2.

Tabla 2.

Materiales para el ensamblado

Materiales para el ensamblado.		
Material	Unidad de medida	Descripción
Plancha de acrílico	Metros	Plancha de material transparente.
Estaño	Metros	Material que, al ser fundido con temperatura, permite el soldado en circuitos electrónicos y eléctricos.
Cable	Metros	Conductor eléctrico que permite el paso o flujo de corriente.

Nota: elaborado por los autores.

4.2 METODOS.

4.2.1 Modelo matemático.

La aplicación de modelos matemáticos establece un conjunto de procesos metodológicos que manipulan variables cuantitativas, proyectando de esta manera validez en el estudio del comportamiento de fenómenos. Con la obtención de los valores de funcionamiento de cada componente se formula en base a ecuaciones matemáticas el

dimensionamiento de cada circuito, propone de esta manera la identificación correcta de los parámetros de trabajo de los elementos electrónicos y eléctricos.

El diseño y construcción de un banco de circuitos con dispositivos semiconductores está fundamentado con la aplicación del siguiente modelo matemático comprendido por ecuaciones que proveen los parámetros de aplicación de cada elemento eléctrico y electrónico.

4.2.2 Modelos matemáticos para el dimensionamiento de la fuente:

Voltaje de ruptura del Diac (Ecuación 1) Se implementa la siguiente fórmula para determinar el voltaje adecuado de encendido del diac, superando el voltaje de activación con el desarrollo de la siguiente formula.

$$V_{BR1} = V_{BR2} \pm 0.1V_{BR2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Ley de ohm (Ecuación 2) Se utilizará para el dimensionamiento de los elementos estableciendo la corriente, voltaje y resistencia permisibles para cada componente del circuito. Se expresa con la siguiente formula.

$$INTENSIDAD = \frac{TENSION (F.M.E)}{RESISTENCIA.} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Ley de Potencia (Ecuación 3) es la potencia consumida por la carga directamente proporcional al voltaje suministrado y a la corriente que circula por el sistema de potencia, y a su vez permite encontrar las variables eléctricas con la utilización del valor de potencia de la carga.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Ley de corrientes de Kirchhoff (Ecuación 4) Establece que la suma algebraica de las corrientes presentes en cualquier nodo de un circuito cerrado es igual a 0.

$$I1 + I2 + I3 + I4 + \dots = 0 \quad \text{Ecuación 4.}$$

Ley de voltajes de Kirchhoff (Ecuación 5) Establece que la suma de las caídas de tensión de cualquier trayectoria cerrada es igual a cero.

$$V1 + V2 + V3 + V4 + \dots = 0 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Cálculo de Voltaje de Rizo (Ecuación 6). El cálculo del valor rizo se calcula con la implementación de la siguiente ecuación.

$$V_{rizo} = 10 \% * V_p \quad \text{Ecuación 6.}$$

Cálculo de Voltaje de Capacitor (Ecuación 7 y Ecuación 8). El voltaje del capacitor se obtendrá con la implementación de la siguiente fórmula matemática.

$$V_c = V_2 * \sqrt{2} - V_{D1} - V_{D2} \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$V_c = V_p \quad \text{Ecuación 8.}$$

Cálculo de tiempo de cargar de un capacitor en serie con una resistencia (Ecuación 9). Esta fórmula se utiliza para el tiempo que se desea el disparo del voltaje del capacitor hacia el Diac.

$$t = RC \quad \text{Ecuación 9.}$$

Cálculo para encontrar al Capacitor (Ecuación 10). Para encontrar el valor capacitivo se utiliza la ecuación 10, se implementa la corriente DC, sobre el producto de la frecuencia y voltaje rizo de la señal rectificadas.

$$C = \frac{I_{DC}}{F * V_{rizo}} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Relación de transformación (Ecuación 11) Se implementa esta ecuación para encontrar el indicador de incremento o decremento del voltaje de salida respecto al voltaje de entrada proporcionando el valor de funcionamiento esperado por un transformador y la tensión requerida en el devanado secundario.

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{Ecuación 11.}$$

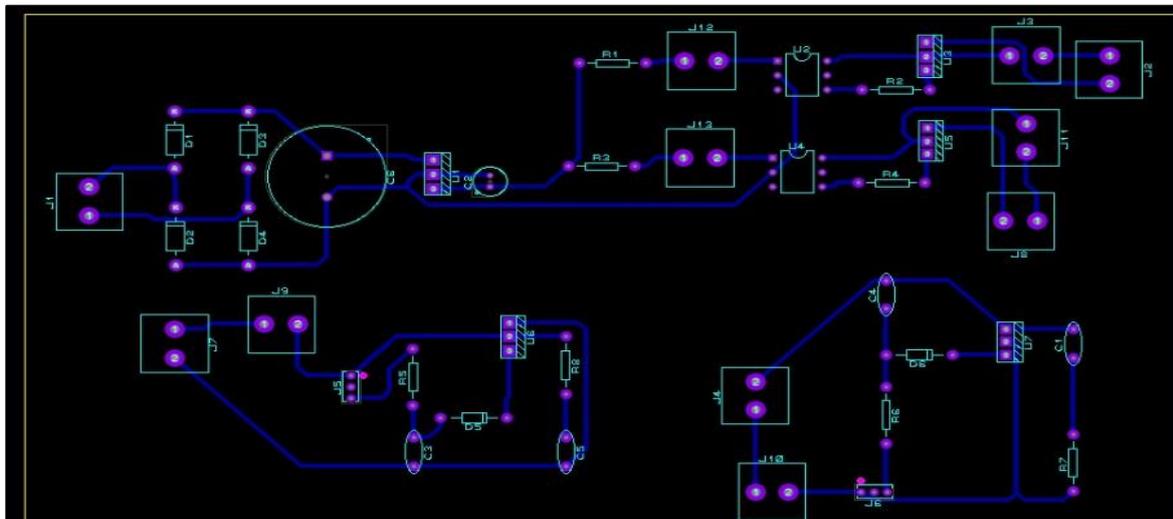
4.2.3 SIMULACIÓN

El diseño del circuito con dispositivos semiconductores aplicados en electrónica de potencia, debe justificarse con el dimensionamiento y comprobación, por ello se utilizará el

software ingenieril *PROTEUS*, proporciona las herramientas de simulación analógica y digital, incluyendo componentes de interacción para visualizar el comportamiento en tiempo real de las variables (**corriente, voltaje, resistencia y potencia**), además de un sistema de generación y análisis de señales (**osciloscopio digital**). La obtención del PCB como se muestra en la figura 17, se realizó en el software *PROTEUS*.

Figura 17

Diseño del PCB en *PROTEUS*.



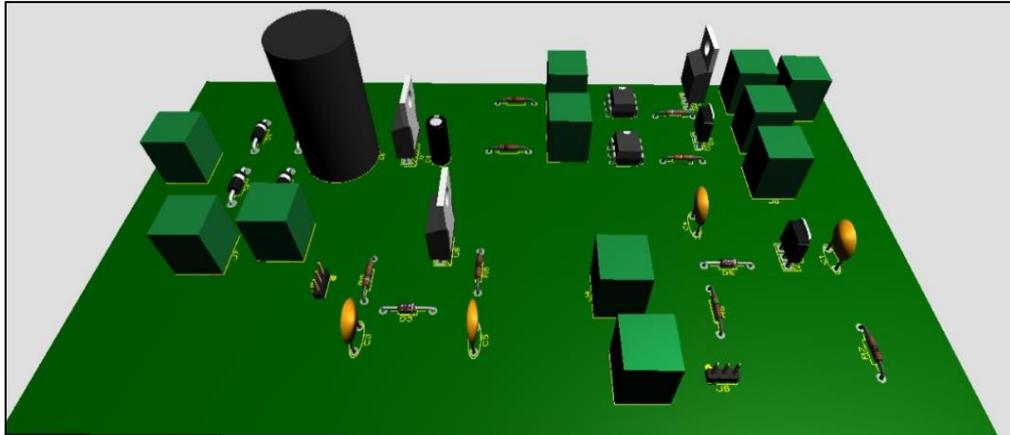
Nota: elaborado por los autores.

Se comprueba el dimensionamiento de los valores nominales en los componentes del circuito, además la relación de transformación de la fuente de voltaje, a partir de las interacciones en el software *PROTEUS* omitiendo porcentaje de error.

El PCB de la Figura 17, presenta la fuente de alimentación comprendida por un transformador reductor, puente rectificador y un sistema de filtrado. Un circuito de auto acoplamiento del TRIAC, circuito del TRIAC y SCR con voltaje alterno en la compuerta. Entre las principales prestaciones del software se encuentra el módulo para el diseño y construcción de circuitos impresos (PCB), que permite la obtención del circuito impreso.

4.2.4 CONSTRUCCIÓN.

El software Tinkercat permite el modelado 3D online, de esta manera la construcción del proyecto en físico estará respaldado por el previo diseño del prototipo. En la figura 18, se presenta la animación en 3D del PCB, obtenido en el software *PROTEUS*.

Figura 18*Diseño del PCB en PROTEUS.***Nota:** Elaborada por los autores.

Para iniciar con el ensamblado, se realiza el armado del circuito en el protoboard para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, la construcción de los circuitos se implementa la utilización de una placa de baquelita, donde se imprime el circuito, con el objetivo de fabricar un sistema didáctico, además se utiliza conectores para el fácil ensamblado y desmontaje de los componentes de la placa.

El control del dispositivo monofásico, permite la visualización del cambio de una determinada variable de un dispositivo, debido a la influencia de la electrónica de potencia, se implementa el control de la velocidad de giro de un motor síncrono, la intensidad lumínica en una lámpara y la variación del flujo de con una bomba monofásica. Es necesario mencionar que la variación de velocidad de giro de un motor monofásico con la utilización de dispositivos semiconductores, solo es factible con motores con una velocidad sincrónica (motores con escobillas).

CAPÍTULO V.

RESULTADOS.

En el presente capítulo se desarrolla cuatro circuitos, el primer circuito se trata de activación de los dispositivos monofásicos mediante un circuito de DC que llegara de la fuente y se aislara mediante un opto acoplador y un TRIAC conectada a la red AC, el segundo circuito es de activación y desactivación de un ventilador de DC mediante el uso de SCR, el tercer circuito es de controlar el ángulo de disparo mediante el uso de TRIAC, el cuarto circuito es similar al tercero, con la diferencia que se usara un SCR

5.1 Dimensionamiento del circuito de control para dispositivos monofásicos.

En la comprobación de este proyecto se considera la elección de tres dispositivos monofásicos, por consiguiente, se toma un dispositivo a controlarse por una lámpara y así poder controlar la intensidad lumínica, para otra aplicación se considera un motor de escobillas con el fin de regular la velocidad de giro de motor, además, se implementa el control de una bomba de pecera de agua de voltaje AC con la finalidad de reducir el caudal.

A continuación, se detalla la elección de cada dispositivo y sus respectivos datos.

5.1.1 Dimensionamiento de la intensidad lumínica.

En la implementación la variación de iluminación se toma en consideración la tabla 3 de la información técnica, con estos datos técnicos podremos ocupar cualquier tipo de dispositivos semiconductores como SCR, TRIAC y DIAC.

Tabla 3

Información técnica de la bombilla incandescente.

Bombilla incandescente		
Características	Unidad de medida	Valor
Tipo de luz	.....	Incandescente
Potencia eléctrica	Watts	100 W
Flujo luminoso	Lumen	1275 lm
Voltaje de alimentación	Voltios	120-220 V en AC

Nota: tabla realizada por los autores, con información técnica.

5.1.2 Dimensionamiento de motor monofásico.

Para la implementación de un motor se toma en consideración que debe ser de escobillas y con una baja potencia para posibles pruebas con los diferentes tipos de semiconductores al momento de realizar prácticas. En base esto se escogió un motor con las características de la Tabla 4.

Tabla 4.

Información técnica del motor con escobillas.

Motor 10000rpm HF120		
Característica	Unidad de medida	Valor
Potencia eléctrica	Watts	90w
Velocidad nominal	Rpm	5000
Voltaje de alimentación	Voltios	120V en AC
Frecuencia	Hz	60 Hz

Nota: Tabla realizada por los autores en base a la información técnica del motor.

5.1.3 Dimensionamiento de un sistema de bombeo.

Este sistema resulta más factible para el estudio y análisis de la funcionalidad de la electrónica de potencia, permite visualizar la variación de una determinada variable, en este caso el flujo de agua.

Para el dimensionamiento del sistema se hace referencia a la tabla 5, donde se detalla la información técnica de la bomba sumergible JAD.

Tabla 5.

Información técnica de la bomba sumergible JAD

Bomba sumergible JAD		
Característica	Unidad de medida	Valor
Potencia eléctrica	Watts	6 w
Lift	Metros	0,7 m
Voltaje de alimentación	Voltios	120V en AC

Nota: tabla realizada por los autores en base a la información técnica del motor.

5.2 DIMENSIONAMIENTO EN BASE A MODELOS MATEMÁTICOS.

En el dimensionamiento del proyecto se desarrolla en cuatros circuitos por lo que se tendrá dimensionar los diferentes tipos de circuitos que son:

- Dimensionamiento de activación de dispositivo monofásico con opto acoplador para la integración de circuito de DC y AC.
- Dimensionamiento de activación y desactivación de SCR para voltaje de DC.
- Dimensionamiento para el control de ángulo de disparo con dispositivo SCR.
- Dimensionamiento para el control de ángulo de disparo con dispositivo TRIAC.

5.2.1 Dimensionamiento de activación de dispositivo monofásico con opto acoplador para la integración de circuito de DC y AC.

Para el dimensionamiento de activación del opto acoplador (MOC321) primero se dimensionará la fuente de voltaje.

5.2.1.1 Dimensionamiento de Fuente de voltaje.

En el desarrollo de la fuente se tendrá en cuenta primero la relación de transformador con la ecuación 11.

$$\frac{V_{Entrada}}{V_{Salida}} = m$$

$$m = \frac{120}{12}$$

La relación de transformación es de 10.

$$m = 10$$

Para la obtención de voltaje pico

$$V_p = \sqrt{2}V_{rms}$$

$$V_p = \sqrt{2} (120 V)$$

$$V_p = 16.97 V$$

Encontramos el voltaje de capacitor con la ecuación 7.

$$V_{CD} = \frac{2(V_m - 0.7 V - 0.7 V)}{\pi}$$

$$V_{CD} = \frac{2(16.97 V - 0.7 V - 0.7 V)}{\pi}$$

$$V_{CD} = 6.74 V$$

El voltaje de rizado 10 % V_p , se obtiene con el desarrollo de la ecuación 6.

$$V_{\text{rizado}} = 10\% * V_p$$

$$V_{\text{rizado}} = 10\% * 16.97 V$$

$$V_{\text{rizado}} = 1.607 V$$

Con una carga resistiva de 320 ohm, se calcula la corriente, a partir de la ley de ohm, ecuación 2.

$$I = \frac{V_p}{R}$$

$$I = \frac{16.97 V}{320\Omega}$$

$$I = 53 mA$$

Se realiza el cálculo de capacitor mediante la ecuación 10.

$$C = \frac{I}{V_{\text{rizado}} * 2f}$$

$$C = \frac{53 mA}{1.697 V * 2 * (60 HZ)}$$

$$C = 260 \mu f$$

El resultado obtenido del capacitor es de 260 μf pero como en el mercado no existe el valor de ese capacitor se hace una aproximación a 330 μf .

5.2.1.2 MOC 3021

El MOC permite conmutar un sistema eléctrico en base a un sistema electrónico, este dispositivo estará presente en el circuito de voltaje directo con el diodo, se calcula el umbral con datos obtenido de la hoja de datos del fabricante.

Datos obtenidos.

$$I = 15 mA$$

$$V_{\text{fuente}} = 9 V$$

$$R = ?$$

$$R = \frac{V_{\text{fuente}} - V_{\text{diodo}}}{I}$$

$$R = \frac{9 V - 3 V}{15 mA}$$

$$R = 400\Omega$$

5.2.1.3 Dimensión de Activación de TRIAC.

Para el cálculo del disparo se tomará en cuenta la Ecuación 2 de lo cual tenemos los siguientes datos:

$$I_{GT} = 5 \text{ mA a } 100 \text{ mA}$$

$$V_{GT} = 1.3 \text{ V}$$

$$V_{Fuente} = 120 \text{ V}$$

$$R = \frac{V_{Fuente} - V_{GT}}{I_{GT}}$$

$$R = \frac{120 \text{ V} - 1.3 \text{ V}}{50 \text{ mA}}$$

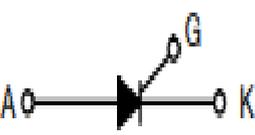
$$R = 2.3 \text{ K}\Omega$$

5.2.2 Para la activación de SCR

Se implementa el siguiente dispositivo semiconductor con su respectiva información técnica.

Tabla 6.

Información técnica del SCR C106D

C106D			
	Corriente de activación de puerta	I_{GT}	0.2m A
	Corriente máxima repetitiva de bloqueo directo o inverso	I_{DRM}	0.1m A
	Corriente de enganche	I_L	5m A
	Corriente de inicio	I_H	3 m A
	Voltaje de activación de puerta	V_{GT}	0.8v
	Corriente RMS en el estado	$I_{T(RMS)}$	4 A
	Pico repetitivo apagado voltaje de estado	V_{DRM}	400 V
	Corriente de estado promedio	$I_{T(AV)}$	2.55 A
	Corriente de puerta máxima directa	I_{GM}	0.2 A

Nota: tabla realizada por los autores, en base a la hoja de datos del SCR C106D.

Para el cálculo del disparo en AC tenemos los siguientes datos.

$$I_{GT} = 0.2 \text{ mA}$$

$$V_{GT} = 0.8 \text{ V}$$

$$V_{Fuente} = 9 \text{ V}$$

$$R = \frac{V_{Fuente} - V_{GT}}{I_{GT}}$$

$$R = \frac{120 V - 0.8V}{0.2 mA}$$

$$R = 41 k\Omega$$

5.2.3 Dimensionamiento de controlador de fase.

Para controlador de fase se utiliza la fórmula de constante de tiempo para un circuito RC en serie, mediante la *ecuación 9*.

$$t = RC$$

Se implementa un potenciómetro para regular el voltaje, se presenta la siguiente fórmula.

$$t = (R + R_{variable})C$$

Datos

t= 10 ms

C= 0.1 uf

$$t = (R + R_{variable})C$$

$$R = \frac{t}{C}$$

$$R = \frac{10 ms}{0.1 uf}$$

$$R = 10 k\Omega$$

Se sobredimensiona el potenciómetro por lo menos por 50 veces para poder reducir el tiempo de carga.

$$R_{variable} = 50 * (R) = 50 * (10k) \approx 500k$$

5.2 Simulación y desarrollo del circuito.

Con el dimensionamiento de cada componente y la obtención del valor nominal necesario para el funcionamiento de los circuitos, se procede a la comprobación a través de las prestaciones de simulación del software ingenieril PROTEUS.

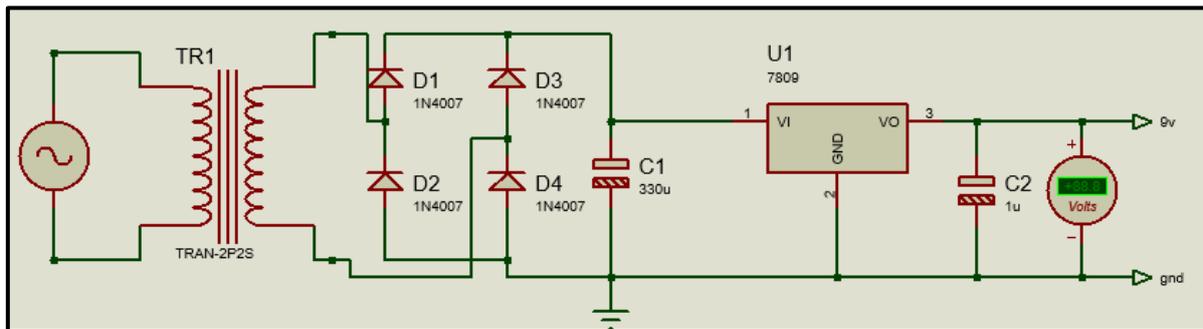
5.2.4 Simulación de fuente de voltaje.

En la figura 19 se desarrolla el circuito de una fuente de voltaje mediante el uso del software ingenieril PROTEUS, con una tensión de 120V en AC. Diseñado con un transformador reductor con una relación de 10 a 1, la rectificación de la onda se realiza a partir del puente rectificador de onda completa, es necesario un sistema de filtrado para

reducir el voltaje de rizado. En este trabajo se utiliza un voltaje DC de 9V, por lo tanto, se coloca un regulador de voltaje fijo 7809, permite obtener un voltaje de 9V en DC, a continuación, se presenta la simulación del circuito de la fuente de voltaje.

Figura 19

Fuente de voltaje.

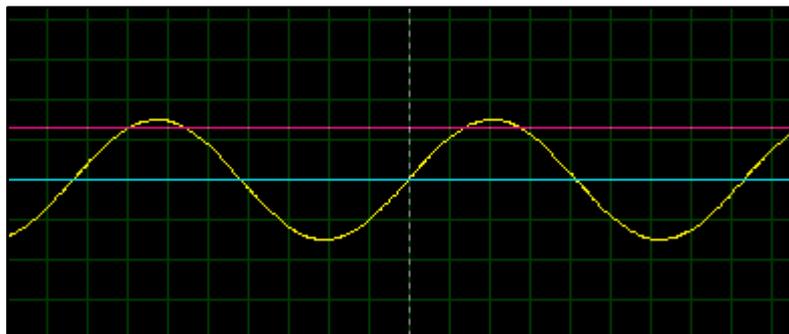


Nota: Realizado por los autores.

Además, se presenta la interacción de las señales con el osciloscopio: señal del voltaje de entrada AC, señal rectificada con el puente rectificador y la señal filtrada con los capacitores como se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Rectificador de onda completa de fuente de voltaje.



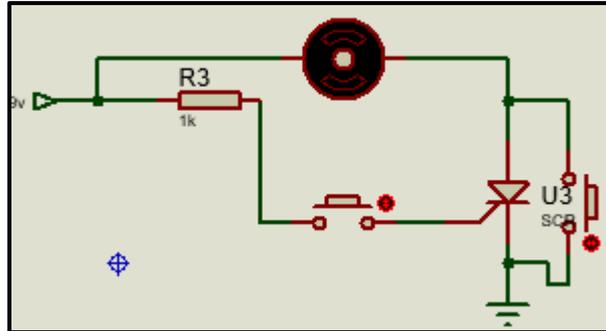
Nota: Realizado por los autores.

5.2.5 Circuito SCR con voltaje directo en el Diodo

En la figura 21 se presenta un circuito directo donde se presiona un pulsador para que fluya una señal de voltaje de activación en el pin del GATE y otro pulsador de desactivación que haga corto.

Figura 21

Circuito SCR con voltaje directo en el Diodo.

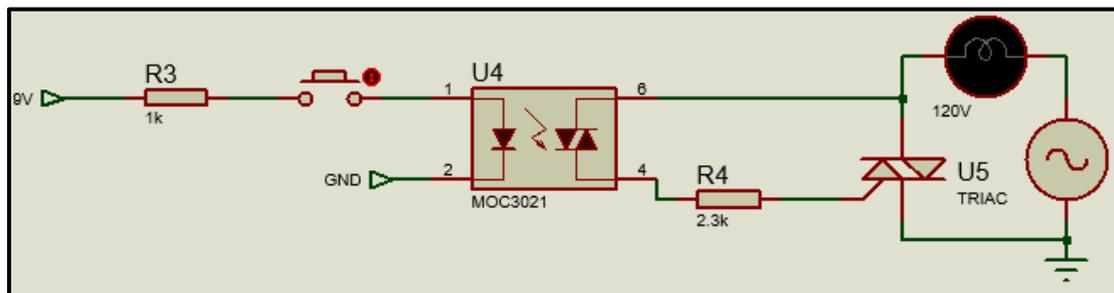


Nota: Realizado por los autores.

5.2.6 Circuito TRIAC con voltaje directo en el Diodo.

Figura 22

Circuito SCR con activación voltaje directo en el Diodo.



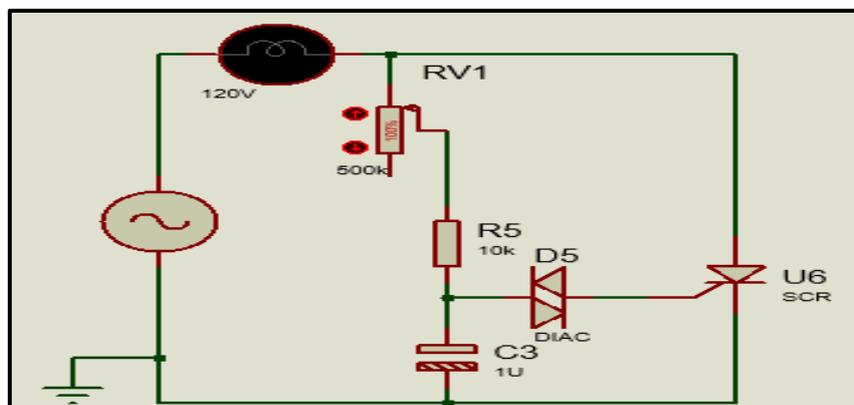
Nota: Realizado por los autores.

En la figura 22 se activará el MOC 3021 con un pulsador mandando una señal de voltaje de activación.

5.2.7 Circuito SCR con voltaje alterno

Figura 23

Circuito SCR con voltaje alterno en la compuerta.



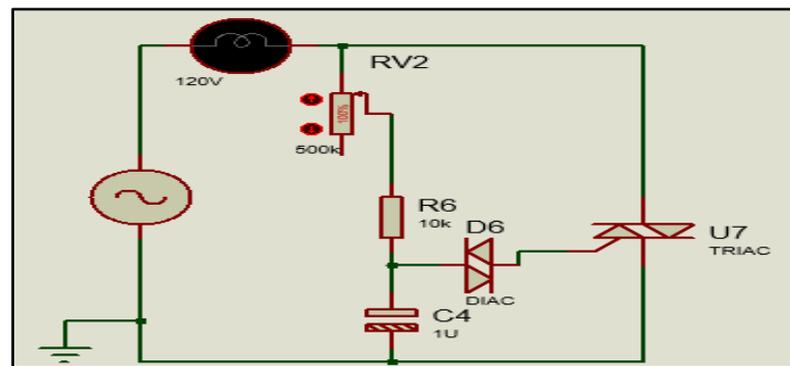
Nota: Realizado por los autores.

Dentro del banco de circuitos para el control de un dispositivo monofásico, se implementa un variador de voltaje a partir del control de fase en un circuito RC como se indica la simulación en la Figura 23, en la posición cero del potenciómetro, el DIAC dejara el paso a conducción al Gate.

5.2.8 Circuito TRIAC con voltaje alterno en la compuerta.

Figura 24

Circuito TRIAC con voltaje alterno en la compuerta.

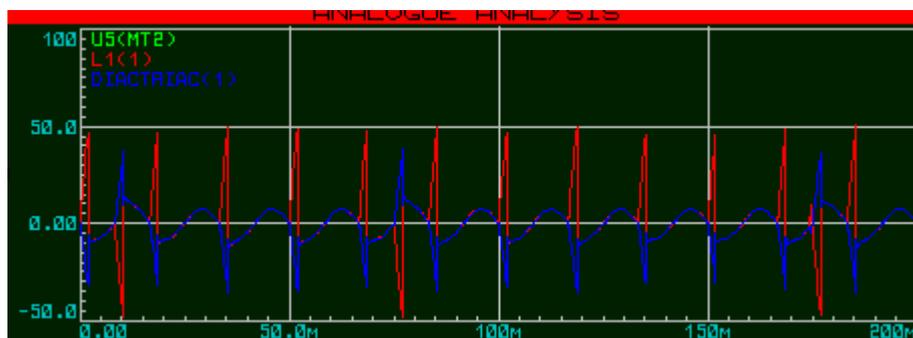


Nota: Realizado por los autores.

El funcionamiento tiene las mismas prestaciones del circuito anterior, se presenta como un driver para el control de una variable en un dispositivo monofásico. Para esta aplicación el control de velocidad de giro de un motor, intensidad lumínica y caudal de agua en la Figura 25.

Figura 25

Señal en el osciloscopio.



Nota: Realizado por los autores.

5.3 CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE CIRCUITOS.

El control de dispositivos monofásicos basado en los dispositivos semiconductores aplicados en Electrónica de Potencia, resaltando la variación de la intensidad lumínica

(lámpara incandescente), velocidad de giro (motor con escobillas) y el control del caudal de agua, por lo tanto, es necesario conocer el total de carga que se controla, con el desarrollo de la ecuación 3.

Tabla 7

Potencia total de dispositivos.

Dispositivo	Potencia (W)
Lámpara en adecente	110
Motor Con escobillas	90
Bomba de Agua	6

Nota: tabla realizada por los autores.

La potencia total de la tabla 7 es de 206W

Para sacar la corriente total se ocupa la Ecuación 2 dividiendo para el voltaje de 120v.

$$I = \frac{Pt}{V_{oltaje}}$$

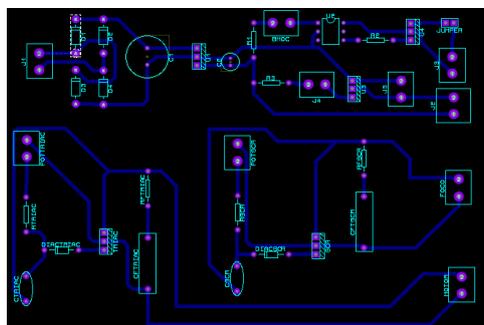
$$I_t = \frac{110watts + 90Watts + 6Watts}{120V}$$

$$= 1.71 \text{ Amperios}$$

5.3.1 Prototipo físico de la PCB.

Con la utilización del software ingenieril PROTEUS se realiza el diseño de la PCB como se indica en la Figura 26.

Figura 26 PCB del banco de circuitos.



Nota: Realizado por los autores.

5.3.2 Montaje del prototipo para pruebas en el protoboard.

Para el diseño e implementación en el software PROTEUS, es necesario el montaje en el protoboard para comprobar el funcionamiento de cada circuito.

Se procede a realizar el ensamblado de la fuente de voltaje, confirmado por un transformador reductor de 120 a 12V en AC, adicionalmente el puente rectificador de onda completa, el sistema de filtrado, un variador de voltaje fijo 7809 (Véase anexo 1), se realiza el proceso de medición de voltaje en AC y DC (Véase anexo 2), además del análisis de señales en el osciloscopio (Véase anexo 4)

5.3.2.1 Montaje del prototipo para pruebas en protoboard.

Con la comprobación en el protoboard del circuito y el diseño factible de la PCB, se procede a la elaboración de la baquelita; planchamos la baquelita con el diseño impreso de la PCB (Véase anexo 5), quemado en el ácido cloruro férrico (véase anexo 6), perforación de la baquelita (Véase anexo 7).

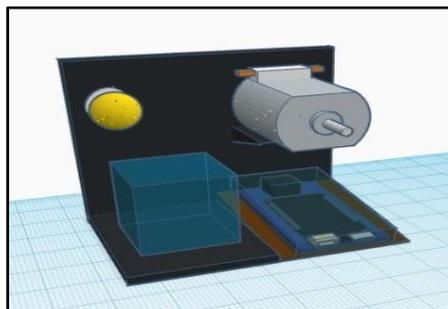
Se realiza el montaje de cada elemento que conforma la placa del banco de circuitos ubicándolos correctamente según su polaridad o conductividad para soldar con estaño cada componente a la placa (Véase anexo 8), previa revisión de continuidad a las pistas y de cada componente, verificando su correcta ubicación.

5.3.2.2 Prototipo y montaje del tablero didáctico.

Con el diseño y dimensionamiento de la placa de circuitos, se procede a realizar el prototipo físico del tablero didáctico en el software online de tinkercat.

Figura 27

Prototipo 3D del tablero didáctico.



Nota: realizada por los autores en el software Tinkercat.

El material implementado para la construcción en físico, constará de una placa de acrílico, recipiente cuadrangular de vidrio para el sistema de bombeo, una base para el motor y una salida de conexión para la lámpara incandescente como se muestra en la Figura 27.

Elaboración de la parte frontal del tablero con acrílico (*Véase anexo 9*), montaje de cada dispositivo de control, motor con escobillas, lámpara incandescente y bomba de agua, además de la colocación de un selector de tres posiciones para la conmutación del control de cada dispositivo monofásico (*Véase anexo 10*). Finalmente, la comprobación de cada control en los dispositivos monofásicos (*Véase anexo 11*).

JUSTIFICACIÓN.

El proyecto se enmarca en una estructura teórica-experimental, en el dimensionamiento y construcción de un banco de circuitos para el control de un dispositivo monofásico mediante dispositivos semiconductores aplicados en electrónica de potencia.

La construcción del proyecto en físico constituido por 4 circuitos para control de tres dispositivos monofásicos (motor con escobillas, lámpara incandescente y una bomba) tiene como finalidad mitigar la limitante de apoyo didáctico en la realización de prácticas en el laboratorio del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego.

Para el dimensionamiento de cada componente electrónico se analizó los modelos matemáticos propuestos por diversos autores, se seleccionó las ecuaciones de: voltaje de ruptura del Diac, ley de ohm, ley de Potencia, leyes de Kirchhoff y el dimensionamiento de fuente de alimentación, respaldados por la validez teórica en el marco teórico.

El modelo matemático está conformado por 11 ecuaciones, acoplados con la información técnica de los valores nominales de cada componente y las variables (intensidad, voltaje, resistencia) presentes en el circuito, con el desarrollo del modelo matemático se calcula el valor ideal de cada componente del circuito para un adecuado funcionamiento.

En el dimensionamiento del circuito para el control del ángulo de disparo, es necesario la adaptación de la resistencia variable sobredimensionada por 50 veces, debido a que resulta más eficiente para la ampliación de onda en un determinado tiempo y la reducción del tiempo de carga.

En la elección de los dispositivos monofásicos para el control de diversas variables (control de velocidad de giro de un motor, intensidad lumínica, flujo de agua) es necesario establecer el circuito de control apropiado para obtener resultados teóricos y cualitativos eficientes, por tal motivo se optó utilizar los dispositivos mencionados anteriormente.

Los motores asíncronos presentan complejidad en el control de sus velocidades, el bobinado auxiliar para el arranque del motor monofásico se desconecta tras alcanzar la velocidad nominal, estableciendo una velocidad fija, estos motores pueden variar su velocidad con la implementación de sistemas de poleas a la salida del motor, pero no es

posible electrónicamente con circuitos de variación de potencia como los realizados en base a los dispositivos semiconductores.

Se implementa la aplicación de los motores sincrónicos, con velocidad de sincrónica inversamente proporcional al flujo de la potencia suministrada para la alimentación del motor, se utilizó un sistema de bombeo con una bomba de escobillas para obtener una visualización de la variación del caudal de agua.

Para los elementos que conforman la placa del circuito se determinó el valor ideal para cada circuito, sin embargo, debido a la falta de comercialización de los valores requeridos, es necesario un redimensionar al valor comercial.

La implementación de las herramientas digitales del software ingenieril PROTEUS, permite omitir falencias en el diseño, además, facilita la construcción del PCB para el posterior ensamblado, reduciendo errores técnicos.

Finalmente, se presenta los diferentes métodos que se utiliza para llegar a la forma más eficiente para la realización de proyecto, donde se observa que se implementa un divisor de voltaje. A continuación, se presenta los cálculos del divisor de voltajes necesarios para realizar el voltaje.

División de voltaje

TRIAC BTA 137

Datos

IGT= 10 mA

VGT=1.3 V

$$R_G = \frac{120 V - 1.3 V}{10 mA}$$

$$R_G = 11 K\Omega$$

Se realiza una aproximación por 10 veces de la resistencia del Gate para que soporte la mayor parte de corriente en la R_1 .

$$R_1 = 10(R_G)$$

$$R_1 = 10(11k\Omega)$$

$$R_1 = 110k\Omega$$

$$R_1 || R_G = \frac{R_1 * R_G}{R_1 + R_G}$$

$$R_1 || R_G = 90k\Omega$$

Se lo aproximará por 10 veces nuevamente, para reducir el voltaje en la compuerta Gate.

$$R_V = 10 * (R_1 || R_G)$$

$$R_V = 900K\Omega$$

En este método se puede evidenciar la variación, existiendo un calentamiento excesivo en las resistencias y en el semiconductor, por lo tanto, se comprueba mediante un controlador de fase, donde se encuentra el capacitor es necesario para hacer el control de voltaje que llega Al Gate.

En primer lugar, se encuentra la resistencia al Gate con la fórmula de ley de Ohm

Datos:

$$V_G = 1.5 V$$

$$I_G = 50 mA$$

$$R_G = \frac{120 V - 1.5 V}{50 mA}$$

$$R_G = 2370 \Omega$$

Obtenido la resistencia que va hacia la compuerta se obtiene la corriente que llega a la compuerta

$$I_G = \frac{120 V - 1.5 V}{2.5 K\Omega}$$

$$I_G = 47 mA$$

Para encontrar el valor de la capacitancia, se sobredimensionará 10 veces la resistencia de Gate, reduciendo así la corriente de entrada de esta compuerta.

Valor de capacitancia.

$$X_c = 10 * R_G$$

$$X_c = 10 * (2370 \Omega)$$

$$X_c = 23700 \Omega$$

Fórmula de Impedancia

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Despejando la fórmula de Impedancia.

$$C = \frac{1}{2\pi fX_c}$$

$$C = \frac{1}{2\pi (60 HZ)(23700\Omega)}$$

$$C = 106 \text{ nf}$$

Se obtiene el valor de la capacitancia, percatándose que no tiene valores comerciales o no se encuentra en el mercado, por lo tanto, este método no favorece el proyecto.

CONCLUSIONES

Mediante la metodología teórica experimental propuesta en este proyecto, se realiza la construcción de 4 circuitos con dispositivos semiconductores para el control de dispositivos monofásicos.

El software ingenieril PROTEUS apporto con herramientas digitales para la elaboración, comprobación de los circuitos y creación de la PCB. Ayudando a disminuir el riesgo de choque eléctrico.

Primer circuito la activación de los dispositivos monofásicos mediante un voltaje DC, se logró mediante la aplicación de un optoacoplador, aislando un circuito DC de un AC, evitando correr riesgo la parte de control en DC.

Segundo circuito la activación y desactivación del SCR con voltaje DC en el Gate.

El tercer y cuarto circuito un control del ángulo de disparo mediante el uso de TRIAC y SRC, se realizó la variación de la velocidad de giro de un motor con escobillas y de la intensidad lumínica de una lámpara incandescente.

Al ser un prototipo de pruebas de dispositivos semiconductores, se obtendrá un circuito didáctico con una manipulación fácil de valores de resistencia y el tipo de semiconductor.

A través de la comprobación en el protoboard se creó un circuito adecuado con un porcentaje de error mínimo justificado por el conocimiento teórico aplicado, además, la aplicación de tres dispositivos monofásicos fomenta una comprensión amplia sobre la aplicación de la electrónica de potencia en la industria.

5.3.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de dispositivos semiconductores para la creación de circuitos con aplicaciones en dispositivos monofásico y bifásicos.

Mejorar para el control de velocidad de giro en mecanismos de poleas como, por ejemplo, en bandas transportadoras para ampliar la aplicación de los motores monofásicos.

Utilizar motores con velocidades sincrónicas o los motores con escobillas, ya que con el motor monofásico utilizado en los procesos industriales no presentó la prestación para la variación de velocidades.

Proyectar a mejorar con la utilización de motores trifásicos con mejores prestaciones para la variación de velocidades, además, ampliar el estudio de la incidencia del flujo magnético hacia el control por medio de dispositivos semiconductores en electrónica de potencia.

REFERENCIAS

- BOYLESTAD, R. L. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos* (Vol. DÉCIMA EDICIÓN). PEARSON EDUCACIÓN.
- Carrillo, J. H. (25 de Septiembre de 2014). El Diodo Rectificador y el diodo Zener. Obtenido de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-25_01-45-20110705.pdf
- Garcia, J. J. (2013). *ISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA*. Obtenido de Universitaria de investigación y desarrollo UDÍ: <https://jeissonsaavedraelectronicengineer.files.wordpress.com/2013/03/dispositivos-semiconductores-de-electronica-de-potencia.pdf>
- J Cchapman, S. (20212). *Maquinas Electricas*. Printed in Mexico.
- Mantilla, G. (1983). *INSTALACIONES ELECTRICAS LEY DE OHM*. Bogotá: ADPOSTAL. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1846/unidad_19_la_ley_de_ohm.pdf;jsessionid=B063F28A5FED451F6A6B4F92E2ED48A7?sequence=1
- Miguel, P. A. (2010). *ELECTRÓNICA GENERAL* (Vol. 2 Edición). Madrid, España: PARANINFO.
- Miyara, F. (2002). *RECTIFICACIÓN*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/rectif.pdf>
- Ned Mohan, T. M. (2009). *ELECTRÓNICA DE POTENCIA: Convertidores, aplicaciones y diseño*. Mexico: Tercera edición.
- Pomilio, J. A. (2014). *Eletrónica de Potência*. Brasil: Universidade Estadual de Campinas.
- Pozueta, M. A. (2018). *Maquinas electricas*. España: Universidad de Cantabria. Obtenido de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/04_Maquinas%20Asin cronas%20o%20de%20Induccion.pdf
- Rafael, H. B. (AGOSTO de 2015). ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES CONEXIÓN D-Y. *TESISI PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10450/1/UPS-GT001540.pdf>
- Rashid, M. H. (1993). *Circuitos, dispositivos y aplicaciones* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Sossa, P. A. (2015). *Leyes de Kirchhoff*. Colombia: Universidad Nacional De Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/19031346/Leyes_de_Kirchhoff
- Valle, P. M. (2019). *Introduccion a la Electronica de rectificacion*. Argentina. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/81377/Documento_completo.pdf?sequence=1

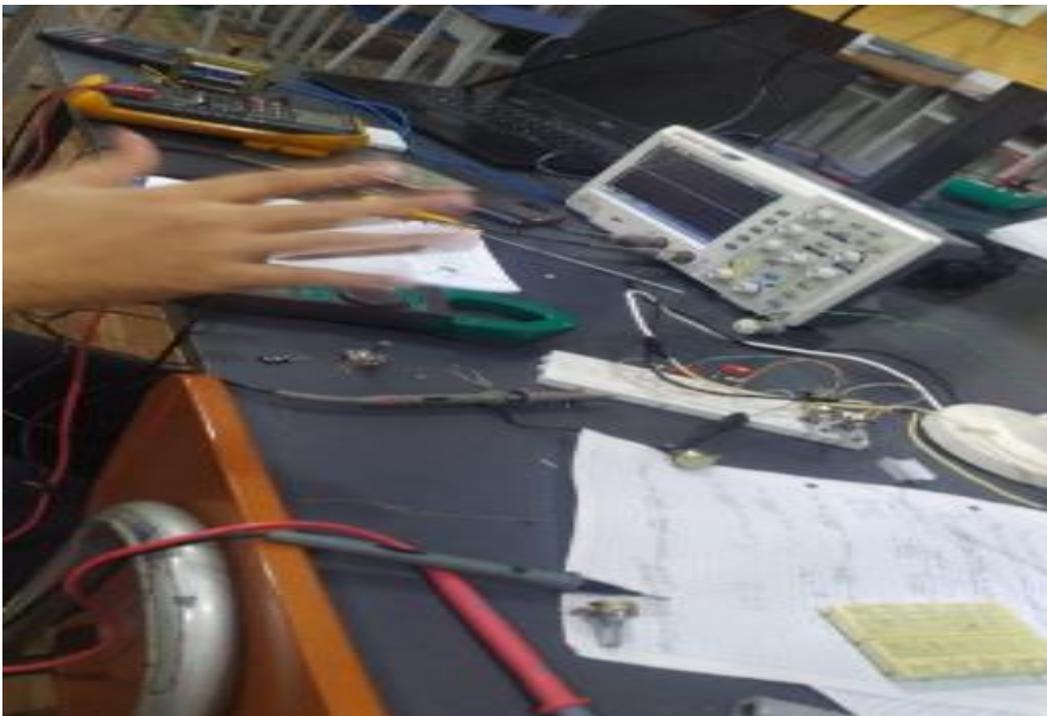
Zemansky, S. (2013). Fisica Universitaria. 1. Mexico: Pearson. Obtenido de <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0437.%20Sears%20y%20Zemansky.%20F%C3%ADsica%20universitaria.%20Vol.%20I.pdf>

ANEXOS

Anexo 1



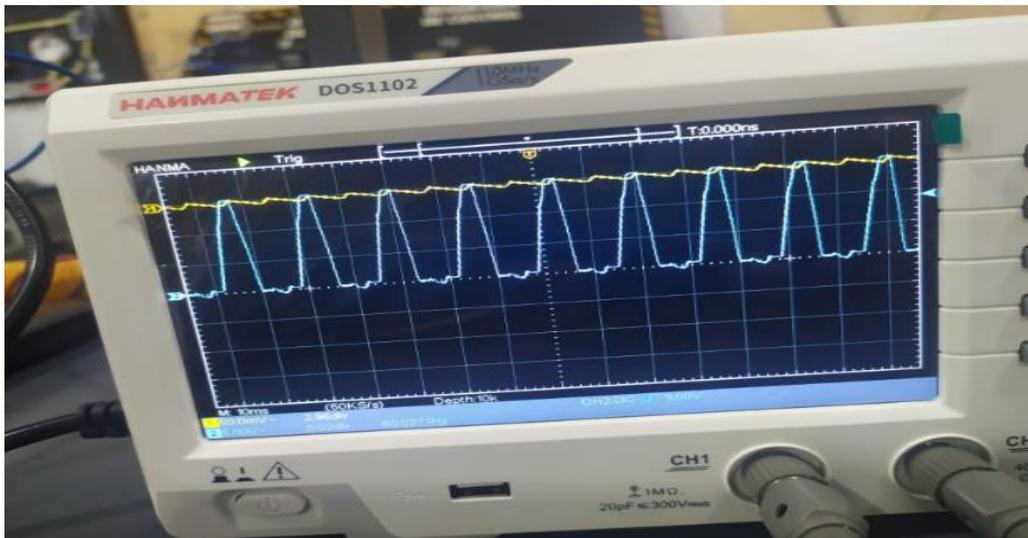
Anexo 2

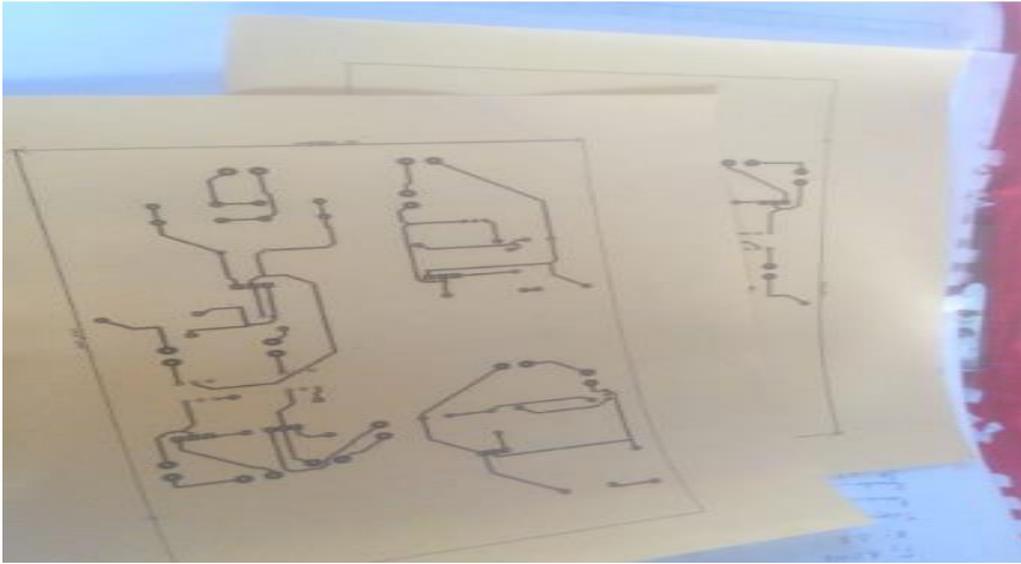


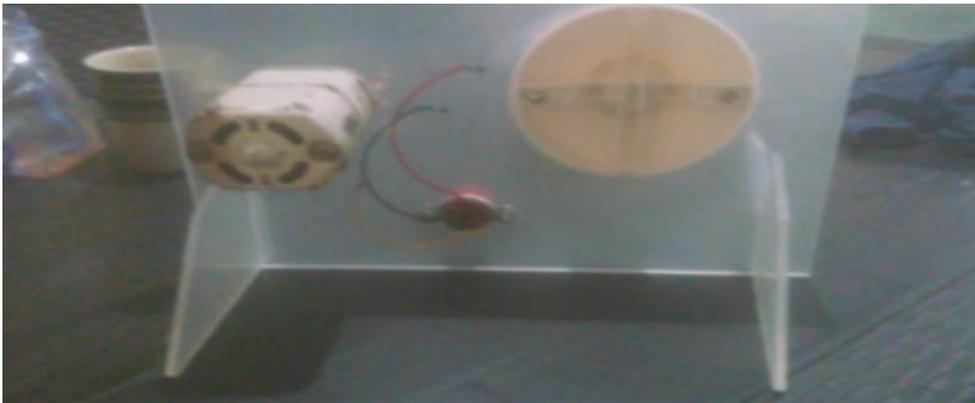
Anexo 3



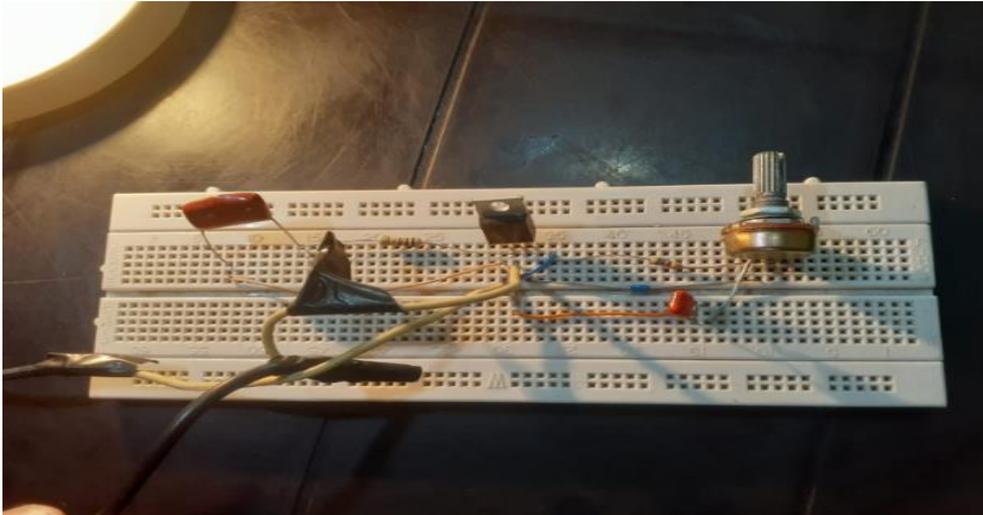
Anexo 4.



Anexo 5.**Anexo 6.**

Anexo 7**Anexo 8.****Anexo 9.**

Anexo 10



Anexo 11

