



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
ALTERNADORES, PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS
CARACTERÍSTICAS DE AMPERAJE Y VOLTAJE Y
DETERMINAR SU ESTADO FUNCIONAL.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN AUTOMOTRIZ

AUTORES:

MARLON SANTIAGO CRUZ TENEMPAGUAY

JONNATHAN CHRISTIAN PACHA CHICAIZA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
ALTERNADORES, PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS
CARACTERÍSTICAS DE AMPERAJE Y VOLTAJE Y
DETERMINAR SU ESTADO FUNCIONAL.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN AUTOMOTRIZ

AUTORES: MARLON SANTIAGO CRUZ TENEMPAGUAY

JONNATHAN CHRISTIAN PACHA CHICAIZA

DIRECTOR: ING. BUENAÑO MOYANO LUIS FERNANDO

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Marlon Santiago Cruz Tenempaguay, Jonnathan Christian Pacha Chicaiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Marlon Santiago Cruz Tenempaguay y Jonnathan Christian Pacha Chicaiza, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de julio de 2022



Marlon Santiago Cruz Tenempaguay

060478383-7



Jonnathan Christian Pacha Chicaiza

180387223-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ALTERNADORES, PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE AMPERAJE Y VOLTAJE Y DETERMINAR SU ESTADO FUNCIONAL”**, realizado por los señores: **JONNATHAN CHRISTIAN PACHA CHICAIZA Y MARLON SANTIAGO CRUZ TENEMPAGUAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-07-11
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-07-11
Ing. Cristian German Santiana Espin MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-07-11

DEDICATORIA

Este presente trabajo de titulación está dedicado principalmente a mis padres, quienes inculcaron en mí el valor del sacrificio y el estudio dejándome la mejor herencia como ellos siempre me manifestaron, a mis hermanos Nancy, Rosa, Luis y Carlos que cada uno de ellos fomentó en mí una característica innata para poder culminar mis estudios y no darme por vencido como también a tener conciencia del mundo que me rodea. A mi primo Carlos y mejor amigo Jhonnatan fallecidos que sin su partida no entendería lo efímera que es la vida y lo poco que nos arriesgamos con nuestros sueños, dándome una razón más para culminar esta etapa de crecimiento personal.

Marlon

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Mecánica por brindarme la oportunidad de desarrollar mis conocimientos en base a la teoría impartida en sus aulas como también la práctica que se la realiza en sus laboratorios, agradeciendo de igual manera a mis tutores de esta investigación por el apoyo y orientación en este proyecto, y a cada una de las personas que se relacionaron con esta carrera que, de una u otra forma, colaboraron para su finalización.

Marlon

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
INDICE DE ECUACIONES	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
CAPITULO II	
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Estado del arte.....	5
2.2 Bases Teóricas	7
2.2.1 <i>El Alternador</i>	7
2.2.1.1. <i>Componentes del alternador</i>	8
2.2.2.1. <i>Principios de generación de la electricidad</i>	12
2.2.2.2. <i>Principios del alternador trifásico</i>	14
2.2.2.3. <i>Rectificación de la corriente alterna</i>	15
2.2.2.4. <i>Circuitos de corriente del alternador trifásico</i>	16
2.2.2.5. <i>Circuito de preexcitación</i>	17

2.2.2.6.	<i>Circuito de excitación</i>	17
2.2.2.7.	<i>Circuito de corriente del alternador</i>	18
2.2.2.8.	<i>Regulación de la tensión generada</i>	19
2.2.3.1.	<i>Curvas características del alternador</i>	19
2.2.4.	<i>Motor eléctrico</i>	20
2.2.4.1	<i>Principios de funcionamiento de los motores eléctricos</i>	20
2.2.4.2	<i>Motor Eléctrico trifásico de Corriente Alterna</i>	21
2.2.4.3	<i>Características y tipos de motor eléctrico trifásico</i>	22
2.2.4.3	<i>Control de velocidad mediante la frecuencia de alimentación</i>	24
2.2.4.4	<i>Potenciómetro</i>	27
2.2.4.5	<i>Transmisión de correas</i>	27
2.2.4.6	<i>Computadora (PC)</i>	28
2.2.4.7	<i>¿Qué es LabVIEW?</i>	29
2.2.4.8	<i>¿Cómo trabaja el LabVIEW?</i>	29
2.2.4.9	<i>Diagrama de bloques</i>	30
 CAPITULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	31
3.2	Metodología de investigación a realizar	31
3.2.1	<i>Método científico y virtual</i>	31
3.2.2	<i>Método de ensayo y error</i>	32
3.2.3	<i>Método de investigación de campo</i>	32
3.3.	Desarrollo del proyecto	32
3.3.1	<i>Cronograma</i>	32
3.3.2	<i>Recursos y materiales</i>	33
3.3.2.1	<i>Presupuesto</i>	33
3.3.2.2	<i>Talento humano</i>	34
3.3.2.3	<i>Equipos materiales</i>	35
3.3.3	<i>Desarrollo del proyecto</i>	36

3.3.3.1	<i>Bosquejo</i>	36
3.3.3.2	<i>Simulación</i>	38
3.3.3.3	<i>Selección de materiales</i>	39
3.3.3.4	<i>Ensamble</i>	48
3.3.3.5	<i>Presentación final</i>	58

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	60
4.1.	Obtención de resultados	60
4.1.1	Toma de datos	60
4.1.1.1	<i>Prueba 1</i>	60
4.1.1.2	<i>Prueba 2</i>	63
4.1.1.3	<i>Prueba 2.1</i>	65
4.1.1.4	<i>Prueba 3</i>	68
4.1.1.5	<i>Prueba 3.1</i>	70
4.1.1.6	<i>Prueba 4</i>	72
4.1.1.7	<i>Prueba 4.1</i>	75
4.2.	Análisis de resultados	77
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	80

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Presupuesto de gastos directos	33
Tabla 2-3:	Presupuesto de gastos indirectos	34
Tabla 3-3:	Costos utilizados para la implementación del proyecto	34
Tabla 4-3:	Comparación de Tarjetas de desarrollo	45
Tabla 1-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones.....	61
Tabla 2-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones.....	62
Tabla 3-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2).	63
Tabla 4-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2).	64
Tabla 5-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2).	65
Tabla 6-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2).	66
Tabla 7-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3).	68
Tabla 8-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3).	69
Tabla 9-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3).	70
Tabla 10-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3).	71
Tabla 11-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4).	73
Tabla 12-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4).	74
Tabla 13-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4).	75
Tabla 14-4:	Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4).	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Consumidores de corriente en el vehículo	5
Figura 2-2: Alternador	7
Figura 3-2: Estructura básica de un alternador trifásico	8
Figura 4-2: Partes del rotor	9
Figura 5-2: Detalle del estator	10
Figura 6-2: Puente rectificador	10
Figura 7-2: Regulador de voltaje	11
Figura 8-2: Despiece de un alterador compacto	12
Figura 9-2: Principio de generación de la electricidad	13
Figura 10-2: Principio de generación de la electricidad	14
Figura 11-2: Separación de los devanados de 120°	14
Figura 12-2: Circuito rectificador y onda	15
Figura 13-2: Alternador trifásico con puente rectificador de 6 diodos	16
Figura 14-2: Circuito de pre-excitación del alternador	17
Figura 15-2: Circuito de excitación o auto-excitación del alternador	18
Figura 16-2: Circuito del alternador	18
Figura 17-2: Circuito del alternador	19
Figura 18-2: Curva característica del alternador trifásico	20
Figura 19-2: Diagrama del motor eléctrico	21
Figura 20-2: Diagrama de efecto FEM	21
Figura 21-2: Motor eléctrico trifásico	21
Figura 22-2: Rotor de polos lisos o no salientes	22
Figura 23-2: Rotor de polos lisos o no salientes	23
Figura 24-2: Motor asíncrono o inducido	23
Figura 25-2: Curvas par-velocidad, curvas características para todas las frecuencias	24
Figura 26-2: Curvas características par-velocidad, expresada en (%) de un variador	25

Figura 27-2: Esquema de un variador básico.....	25
Figura 28-2: Onda de salida del variador.....	26
Figura 29-2: Potenciómetro	27
Figura 30-2: Transmisión de movimiento	27
Figura 31-2: Computador	28
Figura 32-2: Pantalla principal del programa LabVIEW.....	29
Figura 33-2: Diagrama de bloques LabVIEW	30
Figura 1-3: Diagrama de actividades a preceder.....	31
Figura 2-3: Cronograma	32
Figura 3-3: Soporte del alternador	37
Figura 4-3: Mecanismo móvil.....	37
Figura 5-3: Diseño de Estructura.....	38
Figura 6-3: Simulación de cargas	39
Figura 7-3: Tubo cuadrado AC INEN 2415	40
Figura 8-3: Tornillo sin fin	40
Figura 9-3: Motor WEG	41
Figura 10-3: Montaje de las poleas.....	43
Figura 11-3: Variador de Frecuencia WEG.....	43
Figura 12-3: Resistencia cerámica.....	44
Figura 13-3: Sensor de Corriente.....	44
Figura 14-3: Sensor de Rpm	45
Figura 15-3: Mosfet IRFP250N.....	46
Figura 16-3: Op-pam 741CN.....	46
Figura 17-3: Optoacoplador.....	47
Figura 18-3: Pulsadores	47
Figura 19-3: Relay del variador	47
Figura 20-3: Estructura metálica soldada	48
Figura 21-3: Base mecanismo móvil	48
Figura 22-3: Mecanismo de fijación.....	49

Figura 23-3: Ensamble mecanismo móvil y estructura.....	49
Figura 24-3: Conexión D del motor trifásico.....	50
Figura 25-3: Paquete de resistencias en paralelo	51
Figura 26-3: Circuito de consumo de corriente	52
Figura 27-3: Circuito de censado de amperaje	53
Figura 28-3: Circuito de control del variador	53
Figura 29-3: Circuito de control de RPM	54
Figura 30-3: Diseño 3D placa.....	54
Figura 31-3: Ensamble placa final	55
Figura 32-3: Ensamble variador y sensor de RPM	55
Figura 33-3: Ensamble resistencias e inversor	56
Figura 34-3: Ensamble placa	56
Figura 35-3: Ensamble panel de control	57
Figura 36-3: Interfaz LabVIEW	58
Figura 37-3: Banco de Pruebas.....	59
Figura 1-4: Diseño de la programación saliente de LabVIEW	63
Figura 2-4: Test computarizado de alternador 2	67
Figura 3-4: Test computarizado de alternador 3	72
Figura 4-4: Test computarizado de alternador 4.....	77

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Curva de amperaje obtenida alternador nuevo	61
Gráfico 2-4:	Curva de voltaje obtenida alternador nuevo	62
Gráfico 3-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2).....	64
Gráfico 4-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2).....	65
Gráfico 5-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2).....	66
Gráfico 6-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2).....	67
Gráfico 7-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3).....	69
Gráfico 8-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3).....	70
Gráfico 9-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3).....	71
Gráfico 10-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3).....	72
Gráfico 11-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4).....	73
Gráfico 12-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4).....	74
Gráfico 13-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4).....	75
Gráfico 14-4:	Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4).....	76
Gráfico 15-4:	Comparación de curvas	77

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Fuerza Electromotriz	13
Ecuación 2-2:	Tensión fasorial en alternador trifásico	15
Ecuación 3-2:	Fuerza en Newton	20
Ecuación 4-2:	Velocidad síncrono (rpm)	26
Ecuación 5-2:	Velocidad mecánica (rpm).....	26
Ecuación 1-3:	Potencia en motor eléctrico.....	41

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de titulación fue el diseño e implementación de un banco de pruebas de alternadores para la obtención de las curvas características de amperaje y voltaje, determinando su estado funcional a través del diagnóstico técnico de los alternadores. Con el diseño de la estructura, montaje del sistema mecánico, eléctrico y electrónico se implementó el banco de pruebas, para posteriormente recolectar datos de los alternadores mediante el software LabVIEW, este sirve de interfaz para la visualización de las gráficas de las curvas deseadas en tiempo real, esto se logró gracias a la automatización de todo el conjunto, controlando las variables de corriente, voltaje y revoluciones, obteniendo datos precisos para un mejor análisis. Se realizaron varios tests en algunos alternadores de similares características, la fidelidad de dichos datos se constató con la comparación de los reportes de tests computarizados de los alternadores con fabricación en serie y los datos anteriormente mencionados. Se concluye que el banco de pruebas funciona de manera adecuada al producir una gráfica similar a las curvas de los alternadores de serie. Se recomienda que, para futuras implementaciones de bancos de pruebas de alternadores, los diseños soporten modificaciones en sus variables de control, ya que en este trabajo no fueron consideradas por elevados costos de ejecución.

Palabras clave: <BANCO DE PRUEBAS> <CURVAS CARACTERISTICAS> <VOLTAJE> <AMPERAJE> <LABVIEW (SOFTWARE)>.

1730-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The purpose of this degree work was the design and implementation of an alternator test bench to obtain the characteristic curves of amperage and voltage, determining its functional status through the technical diagnosis of the alternators. With the design of the structure, assembly of the mechanical, electrical, and electronic system, the test bench was implemented, to subsequently collect data from the alternators through the Lab VIEW software, this serves as an interface for the visualization of the graphs of the desired curves in real time, this was achieved thanks to the automation of the entire assembly, controlling the variables of current, voltage and revolutions, obtaining precise data for a better analysis. Several tests were carried out on some alternators with similar characteristics, the fidelity of said data was confirmed by comparing the computerized test reports of alternators with serial production and the data. It is concluded that the test bench works adequately by producing a graph similar to the curves of the series alternators. It is recommended that, for future implementations of alternator test benches, the designs support modifications in their control variables, since in this work they were not considered due to high execution costs.

Keywords: <TEST BENCH> <CHARACTERISTIC CURVES> <VOLTAGE>
<AMPERAGE> <LAB VIEW (SOFTWARE)>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

CI:0603747809

INTRODUCCIÓN

La demanda tecnológica que existe en la actualidad hacia el mundo automovilístico como consecuencia de la globalización ha permitido que las personas vean al automóvil como algo más que un medio de transporte exigiendo mayor confort y seguridad; como consecuencia se ha producido una constante evolución de varios sistemas eléctricos en busca de la satisfacción al cliente.

Esta constante evolución desde la década de 1960, donde los autos la mayoría de sus sistemas eran mecánicos dio un paso a sistemas de ayuda electrónica cada vez más complejos teniendo en la actualidad un sin número de partes y componentes electrónicos los cuales depende directamente de nuestro sistema de alimentación y carga de corriente.

Esta alta demanda de energía se ha redirigido hacia el alternador y la batería siendo sistemas que deben funcionar a la par; en el caso que la batería no proporcione la corriente de campo el alternador no funcionará y no mantendrá la carga ideal. El sistema del alternador se encarga específicamente de recargar el acumulador y dotar de energía a todos sus consumidores eléctricos y electrónicos mientras su motor térmico se encuentra trabajando.

El objetivo de esta implementación es lograr capturar las curvas que produzcan los alternadores sometiéndoles a un ambiente de trabajo controlado y bajo parámetros de pruebas que nos permitan visualizar mediante una interfaz cómo se comporta el alternador variando su corriente de consumo y las revoluciones donde entregara su mayor capacidad de carga.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Con el pasar de los años varios sistemas en el auto han adquirido una demanda excesiva de energía para la cual no fueron diseñados; cada vehículo tiene una especificación exacta y testeada del consumo eléctrico para el que han sido preparados, al solo usar los sistemas predeterminados de fabrica este consumo de energía será el normal y no afectará a su sistema de carga, sin embargo la constante transformación que tiene el auto a través del tiempo ha hecho que los fabricantes incluyan más cableado eléctrico y subsistemas que no se encargan únicamente de la inyección, motor, luces o sistemas de control, adaptándose a un mundo multimedia, de seguridad y de confort dentro del habitáculo.

En promedio los vehículos modernos integran más de 40 unidades de control electrónico 8.000 metros de cableado y aproximadamente 10 millones de líneas de código de software, lo que hace que cada vez el vehículo parezca una maquina computarizada apartándose de los diseños propuestos a principios del siglo XX, sin duda este avance ha hecho que los diferentes propietarios de los automotores implementen varios sistemas, a veces de forma empírica o simplemente por comodidad, desconociendo el cálculo de consumo de energía que se realiza para este tipo de implementaciones. (Klier y Rubenstein, 2008)

Sistemas como pantallas, amplificadores, subwoofers, radios, luces, sistemas de carga dentro del auto, GPS, cámaras, inversores y demás, provoca que el sistema eléctrico se vea comprometido y muchos de los casos no abastece la demanda.

1.2 Planteamiento del problema

Muchos automóviles han implementado el sistema de carga de manera compacta entre el alternador, batería y regulador, lo que permite que funcione de manera eficiente durante un largo tiempo.

El constante mantenimiento de los alternadores reduce la vida útil de estos componentes, lo que hace necesario adquirir dispositivos nuevos para reemplazar los usados. La compra de un nuevo alternador es costosa y dependiendo la marca demorados de importar, necesitando una forma más practica para ayudar a alargar su tiempo de vida útil. (Ayala et al., 2015)

Hoy en día se ha observado que varios talleres carecen de tecnología para verificar el estado del alternador, entonces se ha recurrido a la contribución de la electrónica y softwares como por ejemplo LabVIEW en el que se pueden filtrar las señales que genera el alternador y tener una interfaz en un computador que muestre el estado y funcionamiento del mismo mediante la visualización de curvas.

Este tipo de implementaciones está diseñado para usarse con Arduino IDE, de forma manual o automática, el software permite recibir: las curvas características de Voltaje y Amperaje y característica de ángulo de carga. También permite determinar parámetros estáticos (hasta la eficiencia) y dinámicos durante las pruebas. (Lyubimov et al., 2012)

El alcance máximo sería adecuar en los diferentes talleres automotrices y eléctricos para una mejor lectura de datos y precisión, el momento de realizar un diagnóstico técnico de los alternadores, esto ayudará a los trabajadores a mejorar el rendimiento y reducir los tiempos de trabajo de manera precisa y eficiente.

El banco de pruebas es muy necesario para la obtención de diversos datos que puede ofrecer, una de ellas es entregar sus curvas características y compararlas para las distintas verificaciones de datos y poder dar un criterio de su estado funcional. Este proyecto está diseñado e implementado para realizar los diferentes mantenimientos sean correctivos y/o preventivos para los distintos alternadores.

1.3 Justificación

Los bancos de pruebas de alternadores son útiles para diferentes pruebas de diagnósticos, permiten comparar fallas del sistema, así como el estado funcional. En este caso un banco de pruebas para alternadores es una manera rápida, practica y eficiente de dar este tipo de diagnósticos trabajando de manera minuciosa y ahorrando espacios en cualquier taller; este proyecto está enfocado para ofrecer mantenimientos correctivos o preventivos para alternadores facilitando los análisis de fallas y ahorrando tiempo.

La tecnología sigue avanzando cada día y al igual que los diversos diseños y tecnologías que puede tener un automóvil y su sistema eléctrico, por lo tanto, los diversos talleres o instituciones deben constar con el nivel requerido de tecnología para ofrecer la valoración requerida y la detección de fallas que pueda tener los alternadores y proveer las respectivas soluciones.

El alternador alimenta todo el sistema de carga del vehículo con ayuda del motor de combustión interna, moviéndose conjuntamente mediante bandas que provocan la inducción magnética dentro del alternador generando corriente alterna (AC), los puentes de diodos rectifican la corriente transformándola a corriente continua (DC) y el regulador mantiene el voltaje a 14.5v nominal de carga para que reparta a todos los consumidores y al acumulador.

Se debe conocer las diferentes partes del alternador y la función que cumplen cada una de ellas, para los posteriores diagnósticos de fallas, los más importantes que se puede mencionar son: rotor, estator, circuito regulador y el circuito rectificador, estos elementos suelen fallar, por lo que se hace necesario que todo taller eléctrico automotriz posea un banco de pruebas para alternadores. Un banco de pruebas de alternadores permitirá evaluar y comparar el correcto funcionamiento en condiciones casi reales que se encuentra en un automóvil, a través de una simulación se obtendrá las diferentes curvas características de voltaje y amperaje en diferentes variaciones de RPM, esto ayudará a ubicar donde está la falla y dar una posible solución.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un banco de pruebas para alternadores, para la obtención de las curvas características de voltaje y amperaje verificando el estado funcional del alternador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y construir un banco de pruebas que permita realizar un diagnóstico técnico a los alternadores de manera eficiente.
- Obtener la curva característica de voltaje y amperaje de un alternador patrón mediante la captura de sus datos a diferentes RPM.
- Comparar los resultados de un alternador nuevo en condiciones casi reales de funcionamiento, con el reporte de un test computarizado estandarizado para alternadores que exista en el mercado para comprobar el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

El momento de arrancar un vehículo debemos tener en cuenta que hay una relación directa entre varios componentes eléctricos del mismo, siendo de vital importancia la batería, motor de arranque, alternador y rectificador de corriente.

La batería es aquella que va a soportar todo el esfuerzo energético, ésta suministra corriente al motor de arranque, que dará los giros suficientes al motor térmico, ya inflamada la mezcla el motor empieza a girar y transmitir energía mecánica al alternador. Este aprovechamiento de la energía mecánica a través de las poleas y correas permiten transformar la energía a electricidad la que mantendrá la carga de la batería. Un alternador debe su funcionamiento al principio de inducción electromagnética, este produce corriente eléctrica por medio de un campo magnético donde el inductor es el elemento giratorio mientras que el inducido permanece fijo. (Ariza, 2012)

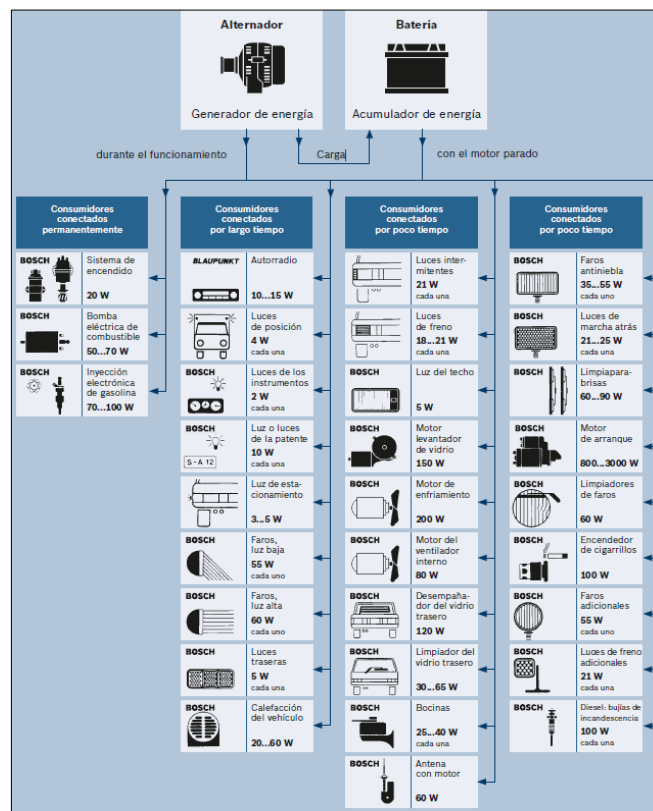


Figura 1-2: Consumidores de corriente en el vehículo

Fuente: (BOSCH, 2008)

Para comprender la demanda de potencia a la que está sometido el alternador se debe analizar qué tipos de consumidores vienen montados en el vehículo y su tiempo de accionamiento, así podemos distinguir entre ellos: de conexión permanente, conexión prolongada y de conexión breve. En la Ilustración 1-2 se muestra un esquema básico del valor medio de potencia requerida por los consumidores. (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

Según (Yépez, 2017) se diseñó e implementó un banco de pruebas realizando diversas investigaciones para su correcto funcionamiento, marcando en las curvas características de los alternadores y obteniéndolas en diversas RPM, voltajes y amperajes.

Su análisis de datos se obtiene a través de diferentes pruebas con distintas marcas de alternadores siendo:

- Alternador (a): perteneció a un automóvil Daewoo matiz, fotón con serie 219170 lo cual el voltaje es 12 V y su amperaje máximo es de 65 A que cuenta con un regulador incorporado.
- Alternador (b): perteneció a un vehículo Mazda, Mitsubishi serie A2T05772, voltaje de 12 V y genera un amperaje de 60 A al igual cuenta con un regulador incorporado.
- Alternador (c): perteneció a un vehículo Toyota Yaris, Denso de serie 1042108180, voltaje de 12 V, genera un amperaje máximo de 60 A contando con regulador incorporado.

En el artículo de (Automotriz, 2019) se referencia a todos los componentes del alternador, su función, y diferentes diagnósticos que se puede brindar para su arreglo en momentos de falla, la localización de cada una de sus partes para reparación o solución y a que riesgos está sometido el alternador, además existe una guía para su mantenimiento preventivo de varias comprobaciones de carga del sistema.

En el siguiente artículo (Lyubimov et al., 2012) hace referencia a como ha avanzado la electrónica para ser utilizada en los automóviles Diesel, por lo que necesita generar suficiente energía eléctrica para dar tracción a las cuatro ruedas, siendo el alternador el que va a dotar de toda esa carga eléctrica al igual que entregara corriente a los diferentes consumidores que tiene el vehículo, para esto se han desarrollado programas en diferentes softwares para realizar las pruebas de consumo de energía uno de estos programas que se utilizo es “LabVIEW” el cual permitió recibir datos de: características del sistema sin carga, características de perdida sin carga, características de curvas y entre otras.

En este libro (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000) nos habla sobre la electrónica que tienen los alternadores, sus diferentes componentes y normas, de igual manera nos menciona sobre las curvas características y su comportamiento, hace referencia a los diferentes consumidores y la transformación de corriente trifásica a corriente continua indicando cuanto consumo produce el acumulador y el generador durante marcha o con el motor estático.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 El Alternador

El aumento de los sistemas a bordo de los autos es una evidencia del desarrollo que va teniendo a diario el mundo automotor sin duda encaminada a un mundo electrificado, por ende, la demanda de energía que requiere el auto va siendo de mayor peso y de primordial importancia.

Teniendo en cuenta que los ciclos de conducción varían en cada ciudad el motor térmico se ve limitado a trabajar en bajo régimen de revoluciones debido al tráfico urbano, siendo imprescindible que se dote de energía a los consumidores desde que el auto se encuentra a ralentí. Es por esto que el uso de alternadores trifásicos es la mejor opción para el mercado ya que son compactos y producen una capacidad de carga de alrededor de 15 Amperios a ralentí, lo cual representa una clara ventaja a su antecesor el dínamo.

Básicamente el alternador es una maquina eléctrica que viene instalado fijo en un soporte cerca de la polea del cigüeñal de la cual obtiene el giro del motor por medio de una correa en V o multi V para poder transformar la energía mecánica en energía eléctrica trifásica, esta corriente alterna pasa por un rectificador de diodos para transformarla en corriente directa para el vehículo y debido al cambio constante de revoluciones del motor se añade un regulador de voltaje que mantenga un valor constante de carga. (Ariza, 2012)



Figura 2-2: Alternador

Fuente: (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

2.2.1.1. Componentes del alternador

Existen varios tipos de alternadores que difieren en detalles dependiendo de la aplicación a la que sea requerido, pero en realidad su principio de funcionamiento es el mismo. Los alternadores de polos intercalados de estructura monobloc y los compactos son los más usados en la industria automovilística, la diferencia que tiene el compacto al monobloc son: los dos ventiladores interiores, los anillos colectores, más pequeños, y la posición del rectificador. (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

En la Ilustración 3-2 se observa cómo está constituido un alternador trifásico, donde una de las fases del estator se ha representado por una sola bobina, realizándose la conexión de ellas en estrella. El final de cada fase se enlaza al puente rectificador, que posee 9 diodos, donde 6 son dedicados a potencia, 3 conectados al borne de carga del alternador D+ y los 3 restantes a masa. Los últimos 3 son de excitación conectados por su polo positivo al borne B+.

Dentro del estator se posiciona el rotor, donde su bobina interior produce el campo magnético inductor. La corriente fluye a través de los anillos rozantes y escobillas prestos en el extremo del eje, una de las escobillas se une al borne DF, por el cual llega la corriente, y al otro le llega una tierra. (Alonso, 1998)

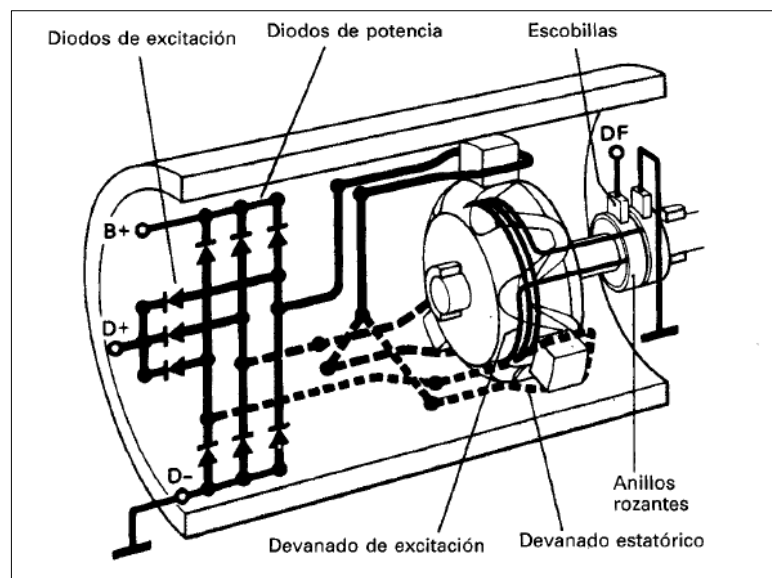


Figura 3-2: Estructura básica de un alternador trifásico

Fuente: (Alonso, 1998)

a) Rotor o bloque inductor

Consta de un eje de acero que se apoya en sus extremos a la carcasa o soportes exteriores por medio de rodamientos, se montan a cada lado las masas polares del rotor uno contra otro de forma que no se lleguen a tocar estos son elementos cilíndricos con forma de dientes, cada pico o terminación de este elemento es un polo del campo magnético. Dando como resultado una estructura hueca donde se alojará la bobina inductora con un número determinado de espiras y los extremos de dicha bobina se conectan a los anillos rozantes en un extremo del eje y eléctricamente aislado de él. Las escobillas rozan a los anillos y suministra la corriente de autoexcitación del alternador, y la procedente del acumulador. (Alonso, 1998)

El rotor es el que recibe directamente el movimiento del motor de combustión a través de una polea instalada en uno de sus extremos donde actúa como un electro imán de alta potencia.

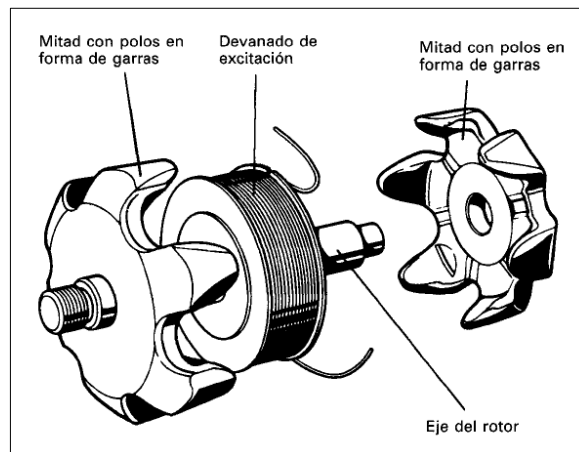


Figura 4-2: Partes del rotor

Fuente: (Alonso, 1998)

b) Estátor o bloque inducido

Está formado por un grupo de chapas de acero aisladas entre ellas y con ranuras, que se encuentran comprimidas y dando lugar a un núcleo de chapas. Donde los devanados estatóricos van alojados en las ranuras dando la forma de una corona circular. La disposición del devanado del inducido depende directamente del número de polos y situación de los mismos. El paso de la bobina debe ser el requerido siempre que a un lado le corresponda un polo sur tendrá un polo norte condición necesaria para que se origine la corriente en la bobina. (Alonso, 1998)

Cuando son excitadas las bobinas por el campo magnético del rotor genera un voltaje trifásico y alterno que después será rectificado, cabe recalcar que los devanados del estator tendrán una conexión ya sea en triángulo o estrella.



Figura 5-2: Detalle del estator

Fuente: (Ariza, 2012)

c) Puente rectificador de diodos

Es el encargado de transformar la corriente alterna CA que producen los alternadores a corriente continua (DC) viene en un conjunto de exadiodo o nonadiodo de silicio sujeto a la carcasa por medio de tornillos aislados eléctricamente. En dicho conjunto se unirán las salidas de los inducidos del estator, los diodos se instalan en esta placa de manera que tres diodos se conectan al borne de salida de corriente del alternador y otros tres diodos conectados a tierra, los lados libres del conjunto de diodos van conectados a las fases. Los diodos vienen con una resistencia térmica limitada por lo que es necesario evacuar el calor que estos producen. (Alonso, 1998)



Figura 6-2: Puente rectificador

Fuente: (BOSCH, 2008)

d) Regulador de voltaje

Teniendo en cuenta que el motor de un auto gira a distintas revoluciones y que el rotor del alternador está conectado directamente a este movimiento, el campo magnético que este produce aumentara conforme aumentan las revoluciones del auto, generando un mayor voltaje. Debido a esto el voltaje que se produce varia de unos pocos voltios a ralentí a una multiplicación a altas revoluciones. Por lo que es vital mantener constante este valor de voltaje limitando la tensión máxima que genera el alternador para garantizar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico en el vehículo. (Hena0 Martinez, 2015)



Figura 7-2: Regulador de voltaje

Fuente: (BOSCH, 2008)

e) Carcasa de accionamiento

Es una pieza de aluminio obtenida por fundición que se sitúa al extremo de la polea donde también suele hallarse el ventilador en algunos modelos para refrigerar el alternador, posee en su centro un rodamiento que aloja al rotor y que ayuda a girar solidario al movimiento del cigüeñal. (Alonso, 1998)

f) Carcasa donde se alojan los anillos rozantes

Es una pieza del mismo material de su contraparte donde se instala el porta-escobillas y se fija con tornillos, de esta carcasa salen las conexiones del alternador y en su interior se monta el rodamiento que es el otro apoyo del rotor, en su diseño posee varios orificios que ayudan a la salida o entrada del aire producido por el ventilador. Ambas partes sujetan al estator y van unidas con tornillos pasadores quedando un solo ensamble que, en su interior aloja al rotor, estator y también el puente de diodos. (Alonso, 1998)

g) Ventilador

Debido al proceso de rectificación y al calor que irradia el motor y su sistema de escape los componentes del alternador sufren un aumento en su temperatura considerable, comprometiendo los aislamientos, puntos de soldadura del alternador y sobre todo a los diodos montados en el mismo que no soportan temperaturas mayores a 80°C. Para lograr disipar esta temperatura los alternadores cuentan con un ventilador instalado detrás de la polea de accionamiento en el caso de los modelos monobloc y dos ventiladores ya montados en las masas polares del rotor en los modelos compactos. Las palas de los ventiladores se acoplarán de manera asimétrica en el perímetro del ventilador para así evitar ruidos que se puedan dar a distintas revoluciones. (Alonso, 1998)

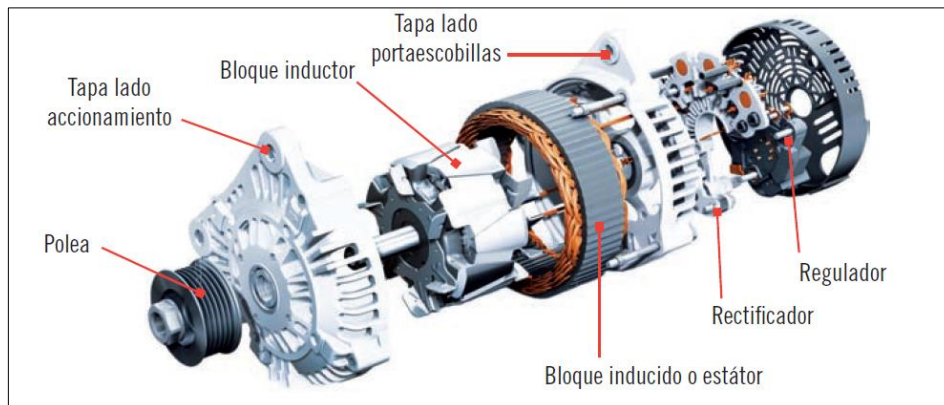


Figura 8-2: Despiece de un alterador compacto

Fuente: (Ariza, 2012)

2.2.2.1. Principios de generación de la electricidad

Las características de los alternadores marcan el principio de la inducción electromagnética en donde el magnetismo o también conocido como flujo magnético, es interrumpido por un conductor eléctrico al circular por el campo magnético se genera una fuerza electromotriz inducida, que se conecta a un circuito exterior. Esta conectividad se da gracias a los anillos colectores y a sus escobillas donde se encuentra la relación de giro de los polos que generan el campo magnético y se dejan unido las guías del inducido. (Henaó Martínez, 2015)

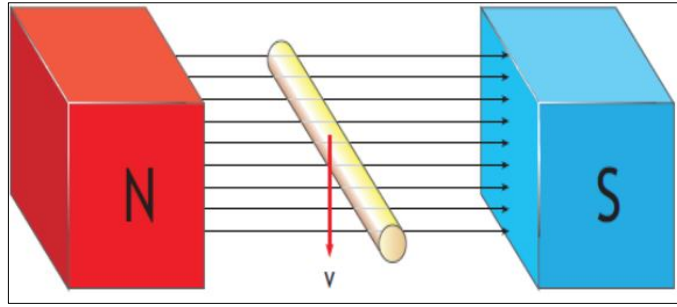


Figura 9-2: Principio de generación de la electricidad

Fuente: (Henaó Martínez, 2015)

La fuerza electromotriz (f.e.m), que produce el conductor cortan las líneas electromagnéticas, y estas depende de diferentes acciones las cuales son:

- Intensidad de campo magnético.
- Número de conductores que corten las líneas de fuerza.

La velocidad a la que los conductores se desplazan por el interior del campo magnético cortando las líneas de fuerza (Henaó Martínez, 2015). Con todas estas acciones mencionadas anteriormente se ha encontrado un vínculo matemático que nos ayude a estimar dicho procedimiento.

$$f. e. m = \beta * L * v * \text{sen}\varphi$$

Ecuación 1-2: Fuerza Electromotriz

Donde:

β = densidad de campo magnético.

v = velocidad del movimiento.

L = longitud del objeto que se mueve

φ = ángulo entre la inducción magnética.

2.2.2.2. Principios del alternador trifásico

La corriente trifásica es producida por el movimiento rotatorio que existe en el interior del alternador y es una de las más aprovechadas con esto mejora el rendimiento de la corriente eléctrica.

Existen 3 devanados autosuficientes separados a 120° uno del otro, los cuales en el mundo automotriz se les conoce a los devanados con las siglas u, v, w a los principios, a los finales del devanado con las siglas x, y, z. En el inducido del alternador al momento que se gira se va a producir en los devanados unas tensiones alternas senoidales de equivalente magnitud dimensión y frecuencia. (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

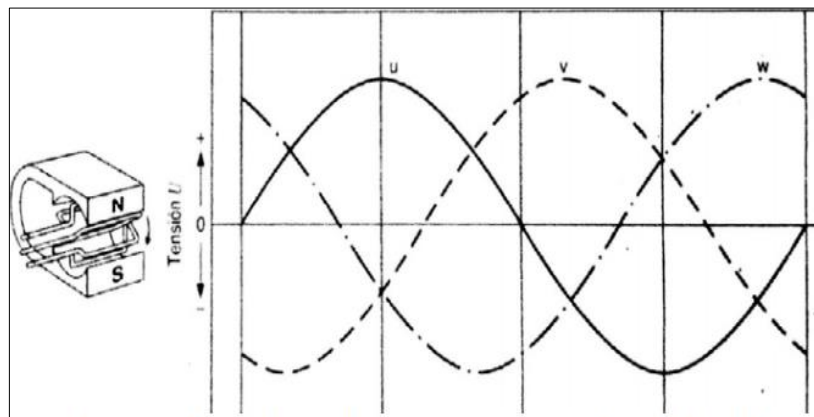


Figura 10-2: Principio de generación de la electricidad

Fuente: (Garcia Ochoa, 2016)

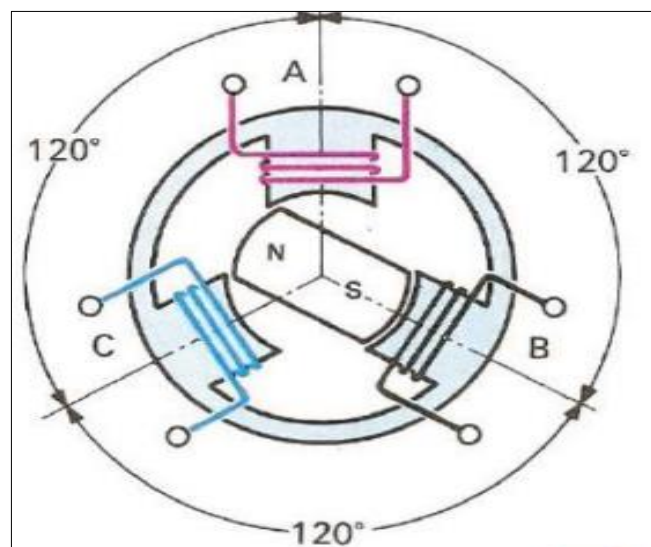


Figura 11-2: Separación de los devanados de 120°

Fuente: (Henao Martinez, 2015)

$$V = V_{max} * Sen (\omega_0 \pm \omega t)$$

Ecuación 2-2: Tensión fasorial en alternador trifásico

A partir de la Ecuación 2-2, se consiguió las diferentes relaciones matemáticas:

$$v_A = V_{max} * Sen \omega_0$$

$$v_B = V_{max} * Sen (\omega_0 - 120^\circ)$$

$$v_C = V_{max} * Sen (\omega_0 - 240^\circ)$$

Estos alternadores de corriente trifásica constan con los siguientes elementos:

- Un conjunto de bobinado inductor por el rotor.
- Un conjunto de bobinado inducido por el estator. (Henaó Martínez, 2015)

2.2.2.3. Rectificación de la corriente alterna

La tensión alterna que genera el alternador trifásico es la incorrecta para la acumulación de energía en la batería de igual forma para todos sus consumidores eléctricos y electrónicos del vehículo, esto se debe a que los consumidores necesita el tipo de corriente continua, por esa razón la corriente hay que rectificarla (pasar de corriente alterna a corriente continua), entonces en el alternador se implementó la colocación de diodos rectificadores de una misma dimensión apropiadamente reducido e incluso siendo diodos de potencia para que nos ayude con esta rectificación de corriente. (BOSCH, 2008)

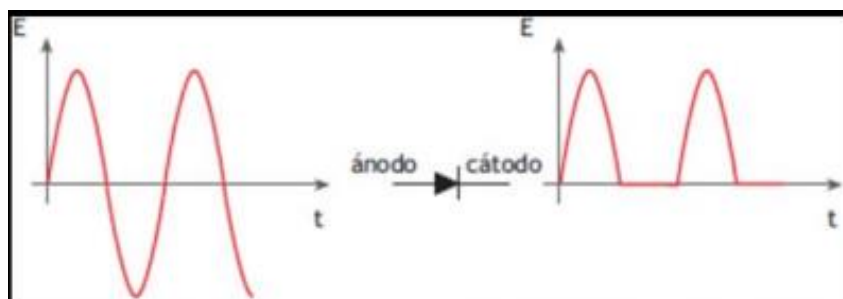


Figura 12-2: Circuito rectificador y onda

Fuente: (García Ochoa, 2016)

En la Ilustración 12-2 se observa como los diodos rectificadores actúan de una manera sincrónica para la rectificación de la tensión alterna, en dicha ilustración se aprecia las distintas rectificaciones que se da como son: rectificación sencilla, rectificación completa o doble.

Como se mencionó anteriormente en los devanados del alternador existen los diodos rectificadores dos por cada devanado (total tres devanados y seis diodos) que forman un vínculo de corriente trifásica, estos diodos de potencia están simultáneamente conectados de la siguiente manera: dos diodos de potencia uno de cada lado positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), los seis diodos unidos forman el conocido puente rectificador del alternador trifásico.

La tensión llega por el positivo del diodo y deja circular la semionda y esto permite la salida por el negativo del diodo donde la tensión queda rectificada para recorrer a los diferentes consumidores y al acumulador del vehículo cargando la batería. (BOSCH, 2008)

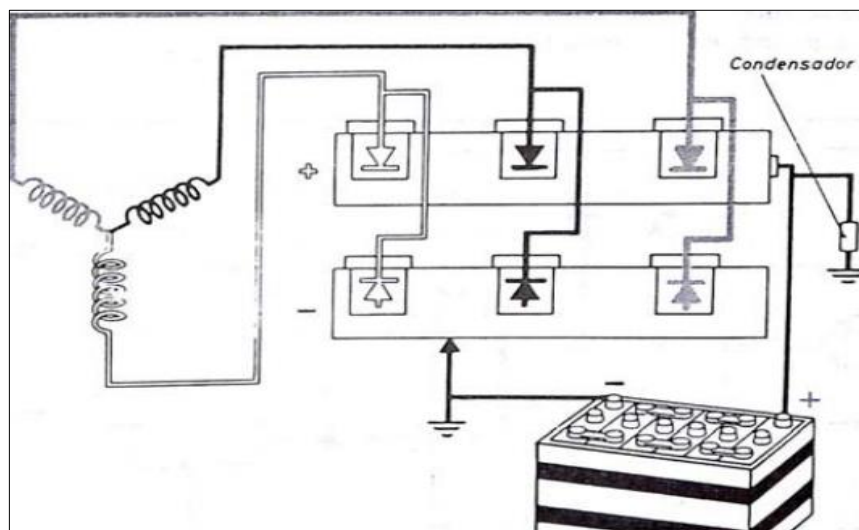


Figura 13-2: Alternador trifásico con puente rectificador de 6 diodos

Fuente: (García Ochoa, 2016)

2.2.2.4. Circuitos de corriente del alternador trifásico

Muchos alternadores trifásicos a nivel mundial se han normado de forma estándar añadiendo tres circuitos de corriente siendo:

- Circuito de pre-excitación (excitación externa por la corriente de la batería).
- Circuito de excitación (auto-excitación).
- Circuito de alternador o circuito principal. (García Ochoa, 2016)

2.2.2.5. Circuito de preexcitación

Este circuito pertenece a la interrupción de encendido cuando comienza a circular energía del acumulador y se enciende la lamparilla de carga incandescente del alternador, el devanado de excitación del rotor, el regulador a masa, produciendo esta preexcitación del alternador. La preexcitación es muy necesaria para la tensión inducida por motivo que en el núcleo de hierro los devanados de excitación tienden a sufrir pérdida durante el momento de encendido del motor o en bajas RPM. (García Ochoa, 2016)

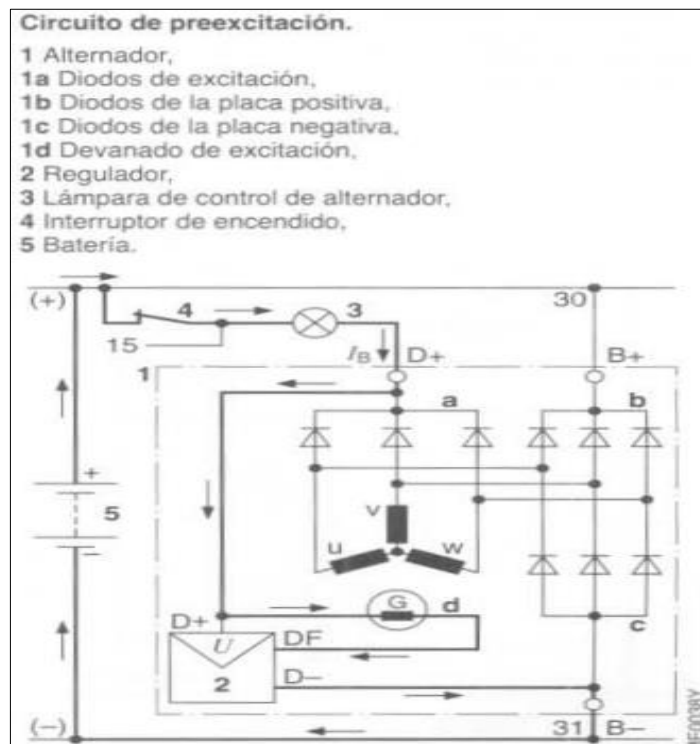


Figura 14-2. Circuito de pre-excitación del alternador

Fuente: (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

2.2.2.6. Circuito de excitación

Este circuito produce el campo magnético necesario cuando el alternador ingresa a su movimiento junto al motor de combustión interna por estar conectados directamente mediante la correa de transmisión, dicha corriente va a circular por los diodos de excitación, escobillas y los anillos colectores llegando a los devanados y finalmente al regulador, donde el puente rectificador va hacer el encargado de transformar la corriente para que siga a los demás componentes del vehículo o consumidores, entonces el led indicador se va a pagar por razones que ya está generando la corriente correcta. (BOSCH, 2008)

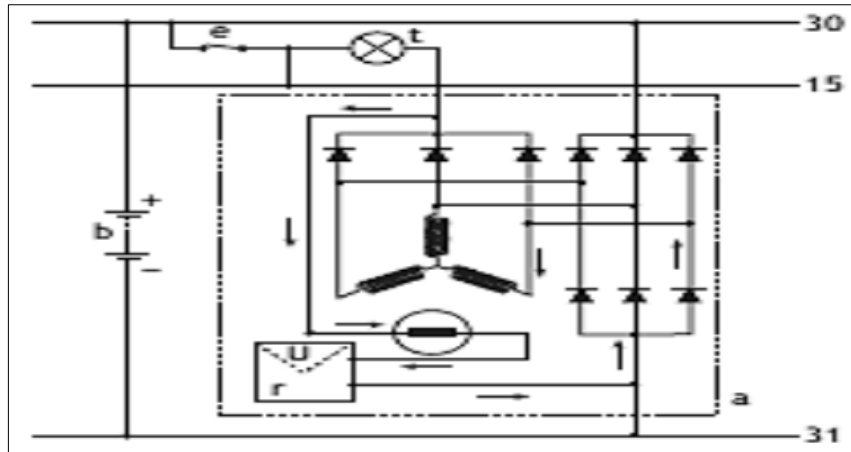


Figura 15-2: Circuito de excitación o auto-excitación del alternador

Fuente: (Cordero y Sanchez, 2015)

2.2.2.7. Circuito de corriente del alternador

La principal función de la corriente del alternador es alimentar a todos los consumidores eléctricos, electrónicos y de igual forma realizar la carga del acumulador de energía, esto lo va hacer en forma consecuyente mientras el motor esté en funcionamiento, pasando por los diodos rectificadores y varios elementos más que intervienen para transformar la corriente que produce el alternador, saliendo a la batería y a los diferentes componentes del vehículo.

En cada posición que se encuentre los diodos rectificadores se encargaran de la transformación de corriente alterna a continua y será distribuida uniformemente la tensión, logrando que circule de extremo a extremo. (Garcia Ochoa, 2016)

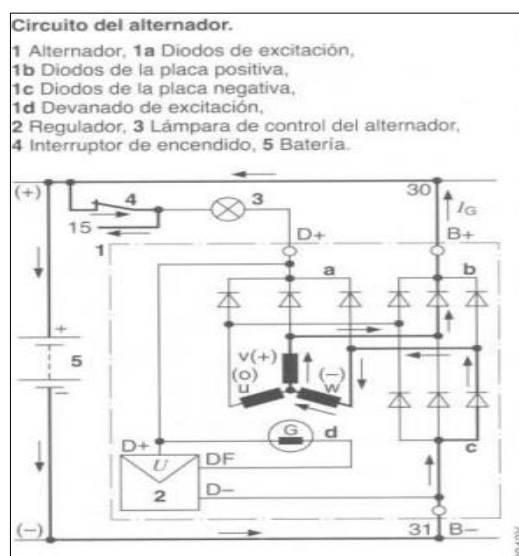


Figura 16-2: Circuito del alternador

Fuente: (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

2.2.2.8. Regulación de la tensión generada

El regulador de tensión es el encargado de regular el voltaje y mantenerlo constante para suministrar a todo el sistema eléctrico y electrónico del vehículo; en cualquier variación de régimen de giro del motor sea descendente o ascendente entregara diferentes valores de tensión.

Mientras el régimen de giro sea mayor el flujo magnético fluctuara en menor cantidad y generalmente si el régimen de giro es menor el flujo magnético fluctuara en mayor cantidad; para mejor comprensión desde la batería se suministra 12 V de tensión donde va a pasar al campo magnético y, se regula con una tolerancia de 14 V, y los automóviles pesados de 28 V, “siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de tensión no desconecta.” (García Ochoa, 2016)

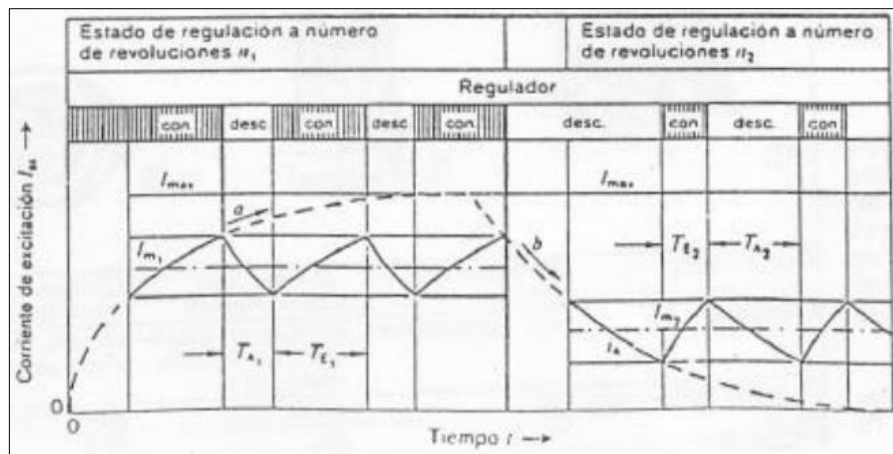


Figura 17-2: Circuito del alternador

Fuente: (Bogariz Vilches, 2003)

2.2.3.1. Curvas características del alternador

Cada curva característica representa un análisis lógico para dicho comportamiento, constando de diferentes variantes en este caso hablando del alternador la variante va hacer el régimen de giro, cuando el motor se encuentra estático de igual manera lo va hacer el alternador, cuando se aumenta la velocidad de giro el alternador comenzara a moverse y va a entregar dichas curvas pasando por determinados puntos de revoluciones. (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

Dichos puntos son los principales análisis que se va a tener para el estudio y comportamiento del alternador con ellos vamos a obtener el estado y dar un criterio adecuado a la designación de la curva característica.

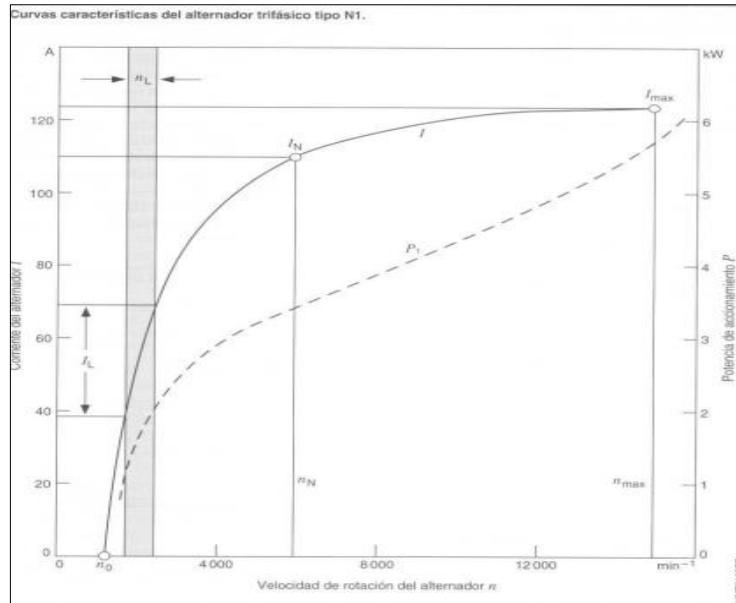


Figura 18-2: Curva característica del alternador trifásico

Fuente: (Dr.Ing. K.G. Burger, 2000)

2.2.4. Motor eléctrico

2.2.4.1 Principios de funcionamiento de los motores eléctricos

Mediante la generación de electricidad va a tener un conductor por el cual va a viajar la corriente eléctrica formando un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano desarrollado por el capó magnético y la corriente sigue la regla de la mano derecha, según la Ley de Lorentz. (Ayala et al., 2015)

$$\vec{F} = l \cdot \vec{I} \wedge \vec{B}$$

Ecuación 3-2: Fuerza en Newton

l = Intensidad que recorre el conductor en amperios

l = Longitud del conductor en metros

B = Densidad de campo magnético o densidad de flujo teslas

Todo motor eléctrico está relacionado con este principio de Lorentz.

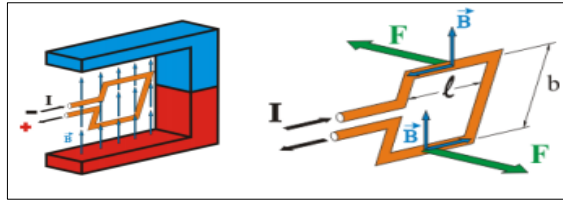


Figura 1-2: Diagrama del motor eléctrico

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Se toma como referencia a un dínamo, para que el sentido de giro sea en un solo sentido, la corriente eléctrica debe ser introducida por el mismo canal, provocando el giro junto con el campo magnético a este efecto se le conoce como efecto FEM.

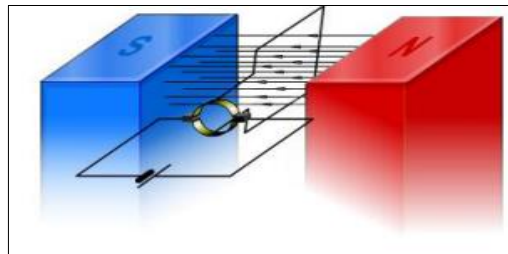


Figura 2-2: Diagrama de efecto FEM

Fuente: (Ayala et al., 2015)

2.2.4.2 Motor Eléctrico trifásico de Corriente Alterna

Los motores trifásicos son máquinas rotativas, la cual provoca el cambio de energía eléctrica trifásica suministrada en energía mecánica, donde el campo magnético hace rotar el bobinado del estator.



Figura 3-2: Motor eléctrico trifásico

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Los motores trifásicos son elaborados y comercializados en diferentes potencias las cuales se extienden desde medio caballo de fuerza (HP) hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), teniendo en cuenta también las diferentes tensiones y frecuencias (Hz) que puede tener, pueden trabajar a dos tensiones distintas. (Ayala et al., 2015)

2.2.4.3 Características y tipos de motor eléctrico trifásico

Se dice motor síncrono, cuando el rotor tiene la misma velocidad de giro que la del campo magnético rotativo, en caso contrario, cuando el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menos a la del campo magnético se lo denomina como motor asíncrono.

a) Motor síncrono

Una característica fundamental y prioritaria sucede en este tipo de motor donde el ingreso de la velocidad es directamente proporcional a la red de corriente alterna que lo alimenta, la mayoría de estos casos es cuando se necesita una velocidad constante.

Muchas empresas han optado por la utilización de este tipo de motor por lo general los encontramos en: hidroeléctricas, termoeléctricas. Para el caso del motor se usa principalmente cuando la potencia demandada es muy elevada mayor a 1MW (Ayala et al., 2015), este tipo de motor se divide de acuerdo a su rotor que utiliza: rotor de polos lisos (no salientes) y de polos salientes.

Motores de rotor de polos lisos o polos no salientes

Su particularidad en este rotor es de dos y cuatro polos son rotores especialmente elaborados para una misma superficie como es el trabajo en altas velocidades.

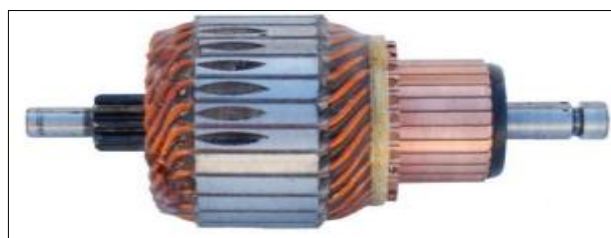


Figura 4-2: Rotor de polos lisos o no salientes

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Motor de polos salientes

La característica de estos motores es trabajar a bajas velocidades, un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia afuera de la superficie del rotor, estos se ocupan en rotores de cuatro o más polos.

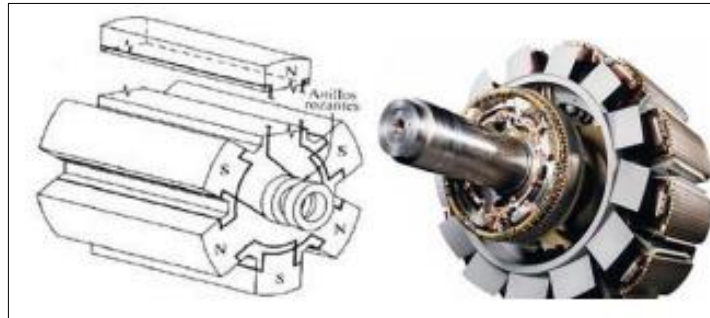


Figura 5-2: Rotor de polos lisos o no salientes

Fuente: (Ayala et al., 2015)

b) Motor asíncrono o de inducción

Estos motores son eléctricos y nunca están en el mismo régimen de giro con la frecuencia que hace el campo magnético del estator en este caso va hacer lo contrario, entre más gire el par motor mayor va a resultar la frecuencia, son máquinas impulsadas eléctricamente, son más económicas y seguras, se distribuyen según el tipo de rotor, en este caso hay un motor con inducido en cortocircuito y en motores de rotor bobinado. (Ayala et al., 2015)

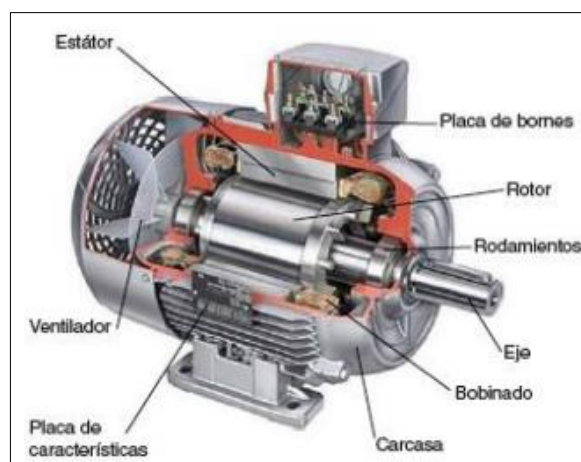


Figura 6-2: Motor asíncrono o inducido

Fuente: (Ayala et al., 2015)

2.2.4.3 Control de velocidad mediante la frecuencia de alimentación

A las diferentes frecuencias eléctricas aplicada al estator del motor de inducción, al momento del cambio de velocidad de rotación el campo magnético sufre diferentes cambios en proporciones directas al cambio de la frecuencia eléctrica y el punto de vacío sobre la curva característica. Los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlado electrónicamente el voltaje y la frecuencia entregada al motor, así mantiene el torque constante. (Yépez, 2017)

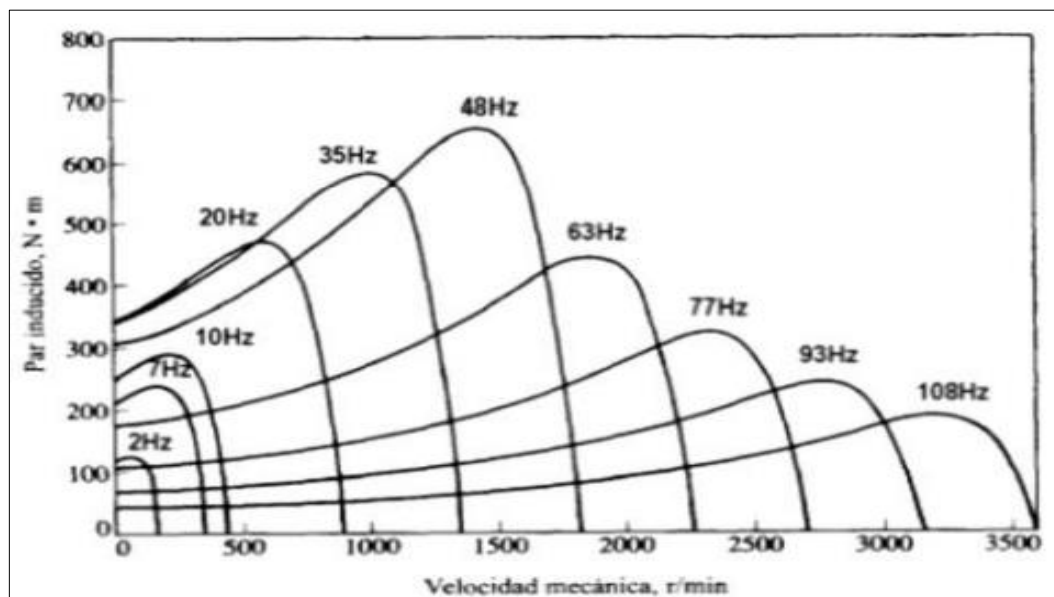


Figura 7-2: Curvas par-velocidad, curvas características para todas las frecuencias

Fuente: (Ayala et al., 2015)

El variador puede proporcionar frecuencias de salida superiores a la de trabajo del motor, lo que le hace girar a mayor velocidad que la nominal. La curva de par, para velocidad del trabajo mayor de la nominal, disminuye, de la manera que con velocidad del (200%) el par cae a la mitad del nominal. La sobre velocidad es útil en aplicaciones que no requieren mucho par, en estos casos se debe tener en cuenta las características de par y temperatura de trabajo del motor. (Alonso, 1998)

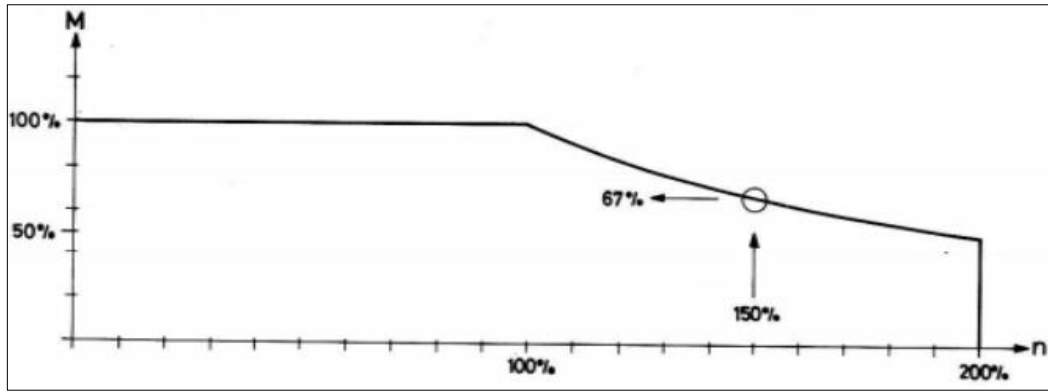


Figura 8-2: Curvas características par-velocidad, expresada en (%) de un variador

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna, el equipo primero convierte la (A.C) en corriente directa (D.C), por medio de un puente rectificador (diodos), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores internos, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal: posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (envía pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de DC a una frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda sinodal de la frecuencia que se aplica al motor. (Ayala et al., 2015)

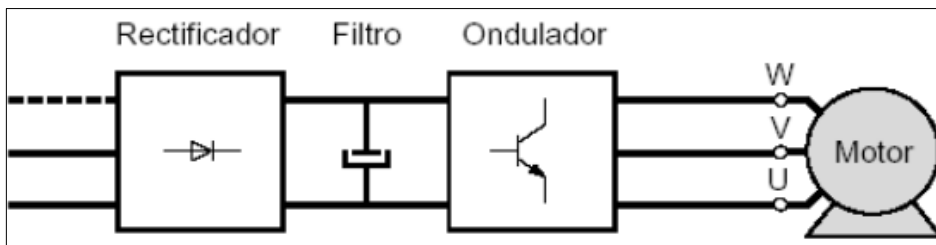


Figura 9-2: Esquema de un variador básico

Fuente: (Ayala et al., 2015)

El proceso de conmutación de los transistores es llamado PWM “Pulse Width Modulation” Módulo por ancho de pulso.

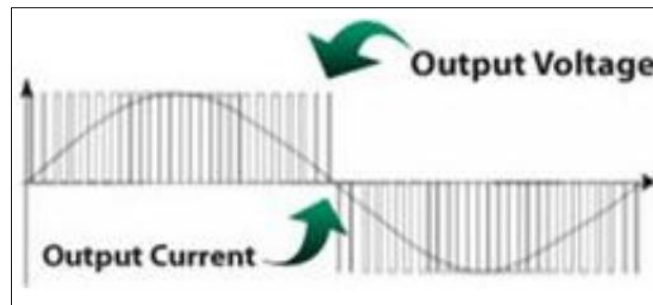


Figura 10-2: Onda de salida del variador

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente se controla la velocidad del motor de acuerdo a las siguientes fórmulas.

Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión.

$$N_s = \frac{120 * f}{P}$$

Ecuación 4-2: Velocidad síncrono (rpm)

Cuando se trata de motores asíncronos o de inducción se expresa de la siguiente manera.

$$N_m = \frac{120 * f * (1 - s)}{P}$$

Ecuación 5-2: Velocidad mecánica (rpm)

Donde:

f = Frecuencia de alimentación (Hz)

s = Deslizamiento (adimensional)

P = Número de polos

2.2.4.4 Potenciómetro



Figura 11-2: Potenciómetro

Fuente: (Ayala et al., 2015)

Los potenciómetros son resistencias especiales que están formadas por una parte fija con la resistencia y una móvil en contacto con la misma que al desplazarse, hace variar la resistencia entre las tomas, cuyo valor de resistencia es variable de esta manera indirectamente se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. (Ayala et al., 2015)

2.2.4.5 Transmisión de correas

Las correas son elementos de transmisión de potencia de constitución flexible que se acoplan sobre poleas que son solidarias a ejes con el objeto de transmitir pares de giro, una transmisión por correas consta de una polea conductora, una polea conducida y una correa, montada con tensión sobre unos ejes y que transmite la fuerza circunferencia por rozamiento, aumentando el ángulo de contacto en la polea menor, que siempre será menor que el ángulo de contacto en la polea mayor. (Ayala et al., 2015)

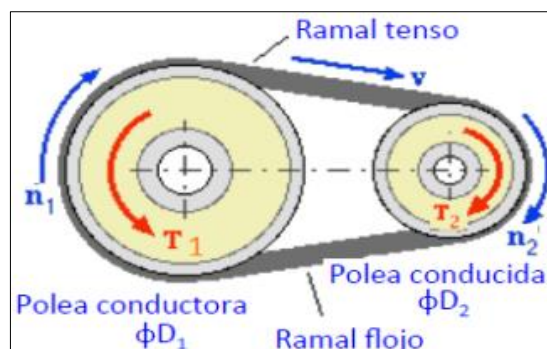


Figura 12-2: Transmisión de movimiento

Fuente: (Ayala et al., 2015)

2.2.4.6 Computadora (PC)

Una computadora es un sistema digital con tecnología, microelectrónica, capaz de recibir y procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominadas programadas y finalmente transferir la información procesada o guardarla en algún tipo de dispositivo o unidad de almacenamiento, las características principales que la distinguen de otros dispositivos similares como una calculadora no programable.

Es un dispositivo electrónico capaz de interpretar y ejecutar los comandos programados en diferentes softwares, LabVIEW, proteus, autocad, lenguaje C, power point, etc, todos estos programas realizan en forma general. (Serrano, 2015)

- Operaciones de entrada al ser receptora de información.
- Operaciones de cálculo, lógico y almacenamiento.
- Controles de procesos industriales, en empresas productoras de fábrica de vehículos.
- Sirve para ayudar a personas discapacitadas de algún miembro de su cuerpo.

Características técnicas

- Windows 10
- Sistema
- Procesador: Intel@Core i7 CPU M330 @2.13 GHz 2.13GHz
- Memoria RAM: 16 GB
- Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits
- Disco duro: 1tera
- Tarjeta de video: 4 GB



Figura 13-2: Computador

Fuente: (Ayala et al., 2015)

2.2.4.7 ¿Qué es LabVIEW?

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para un lenguaje de programación visual, llamado lenguaje G, de National Instruments para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VI, por sus siglas en inglés. (Serrano, 2015)

Definición de instrumento virtual

El instrumento virtual es definido como una capa de software y hardware que se le agrega a un PC en tal forma que permite a los usuarios interactuar con la computadora como si estuviese utilizando su propio instrumento electrónico. (Serrano, 2015)

2.2.4.8 ¿Cómo trabaja el LabVIEW?

Al momento que se ejecuta el programa de National Instruments LabVIEW aparece el ambiente de trabajo donde existe dos paneles, el panel frontal y el panel de programación o diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones que determinan en si cómo funciona el programa o el sistema.

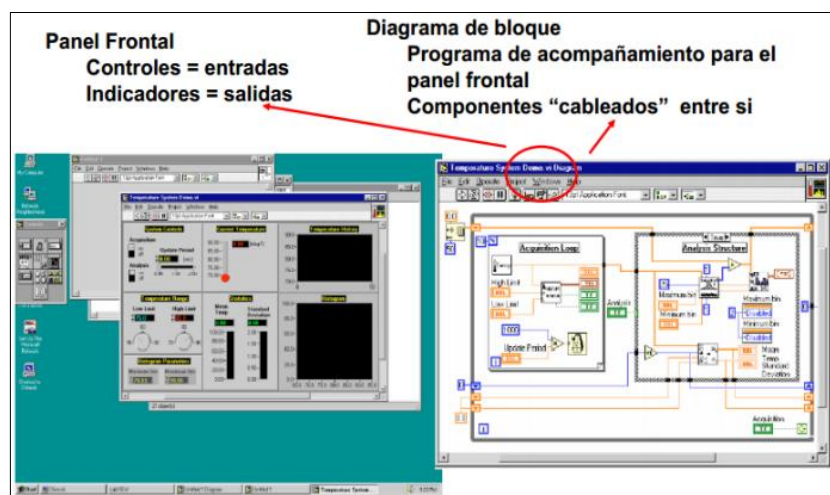


Figura 14-2: Pantalla principal del programa LabVIEW

Fuente: (Ayala et al., 2015)

2.2.4.9 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI, en donde se realiza la implementación del programa de VI para controlar o realizar cualquier procesador de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal, incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes. (Serrano, 2015)

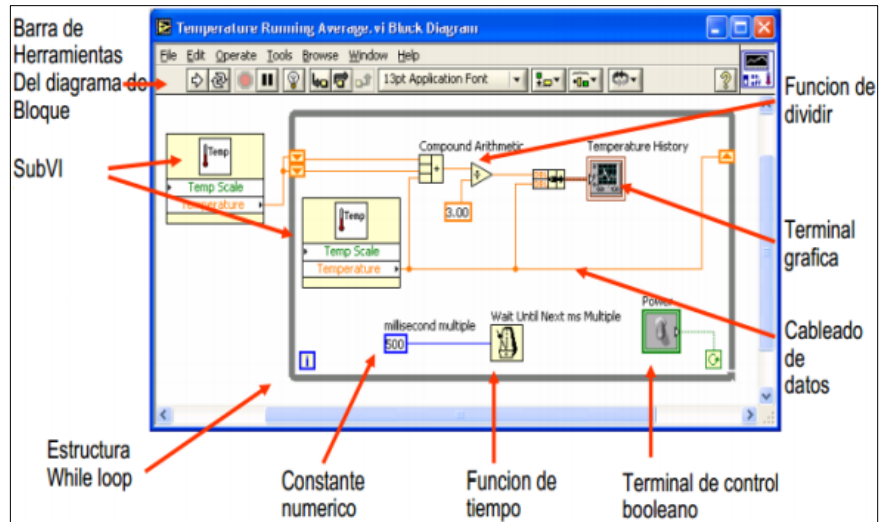


Figura 15-2: Diagrama de bloques LabVIEW

Fuente: (Ayala et al., 2015)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

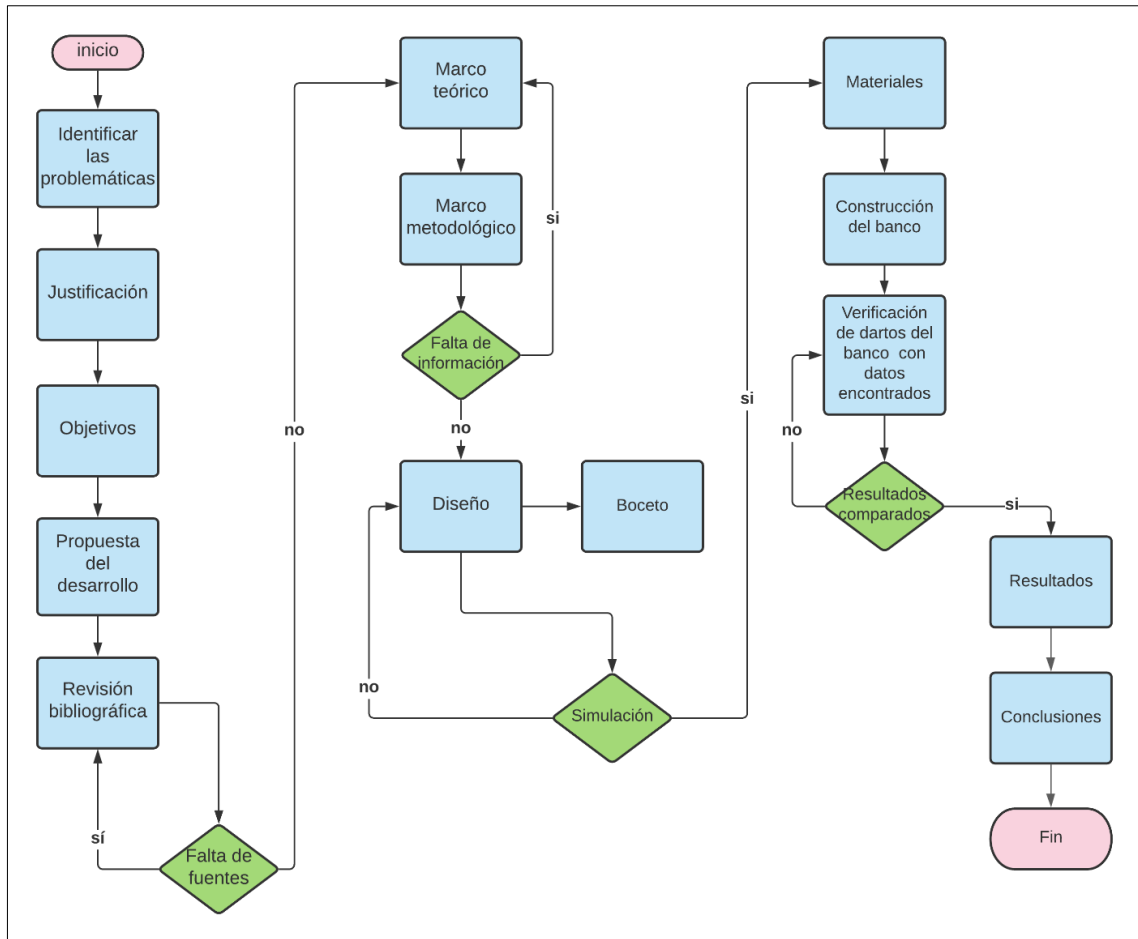


Figura 1-3: Diagrama de actividades a preceder

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.2 Metodología de investigación a realizar

3.2.1 Método científico y virtual

Obtención de información mediante libros de bibliotecas virtuales, link en línea para las diferentes comparaciones de variación de velocidad del alternador, de igual manera para las obtenciones de curvas características, donde se hará la comparación de datos reales con los datos técnicos encontrados y apreciar sus debidas características y defectos.

3.2.2 Método de ensayo y error

Es un método heurístico para la obtención de diferentes datos sea de manera positiva y acertada, donde se va a proceder a la verificación de su funcionamiento. Este método es experimental por lo cual se debe hacer ensayos para el correcto funcionamiento del banco de pruebas, donde el ensayo de prueba y error será la comparación de los datos permitiendo la observación y manipulación de los mismos llevando un registro con las variables esta sea dependiente o independiente, para obtener resultados favorables con un rendimiento óptimo y específico.

Los resultados obtenidos se presentarán de manera estadística en la que se hará una comparación con datos reales investigados con los datos simulados del banco de pruebas; los ensayos constaran de tres repeticiones a diferentes revoluciones y con diferentes consumidores, donde se va a variar el amperaje y voltaje para la adquisición de datos y observar con su curva característica patrón.

3.2.3 Método de investigación de campo

Se recolectará diferente información tanto para lo práctico y teórico donde se obtendrá un punto de vista de nuestros resultados, se pondrá a comparación con la información recolectada con la experiencia fundamental de otros autores.

3.3. Desarrollo del proyecto

3.3.1 Cronograma

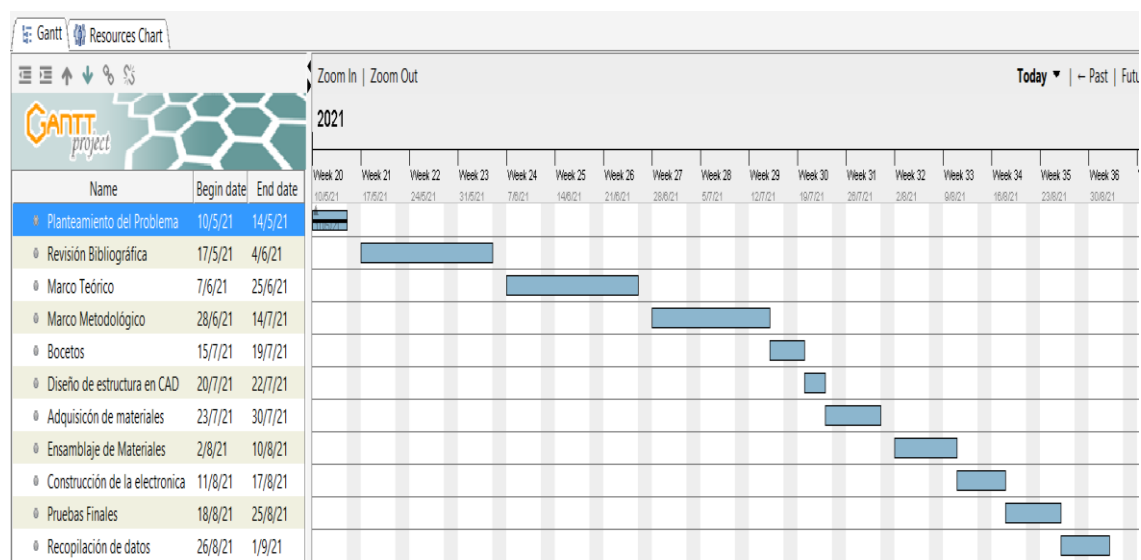


Figura 2-3: Cronograma

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.2 Recursos y materiales

3.3.2.1 Presupuesto

En la Tabla 1 se muestra los valores gastados para la realización del proyecto, donde se detalla la cantidad utilizada y el costo unitario de cada uno, también se presenta el costo total, de los gastos directos e indirectos que tiene el proyecto, tomando en cuenta las dificultades durante la pandemia se trató de economizar en la medida de lo posible.

Tabla 1-3: Presupuesto de gastos directos

COSTOS DIRECTOS			
CANTIDAD	MATERIALES	COST. UNIDAD	COST. TOTAL
1	Motor trifásico	\$ 350,00	\$ 350,00
1	Variado de frecuencia trifásico	\$ 450,00	\$ 450,00
9	Tubo cuadrado	\$ 5,00	\$ 45,00
1	Estructura de fijación	\$ 200,00	\$ 200,00
1	Eléctrico	\$ 0,45	\$ 0,45
1	Arduino Mega	\$ 8,00	\$ 8,00
1	Relé de potencia	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Sensor de corriente	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Sensor Hall	\$ 21,00	\$ 21,00
10	Amplificador Operacional	\$ 0,35	\$ 3,50
1	LCD	\$ 16,00	\$ 16,00
1	Fuente 12v -20A	\$ 35,00	\$ 35,00
1	PCB	\$ 9,50	\$ 9,50
1	Fibra de vidrio	\$ 9,50	\$ 9,50
2	Ácido férrico	\$ 0,50	\$ 1,00
1	MDF	\$ 30,00	\$ 30,00
2	Caja de tornillos	\$ 10,00	\$ 20,00
1	Corte lase	\$ 40,00	\$ 50,00
2	Correas de transmisión	\$ 7,00	\$ 14,00
3	Electrodos	\$ 0,75	\$ 2,25
Costo Total		\$ 1.223,05	\$ 1.295,20

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Tabla 2-3: Presupuesto de gastos indirectos

GASTOS INDIRECTOS	
ACTIVIDAD	COSTO
Internet	\$ 100,00
Movilidad	\$ 75,00
Alojamiento y alimentación	\$ 120,00
Copias e impresiones	\$ 40,00
Encuadernación	\$ 20,00
Trámites	\$ 15,00
Costo total	\$ 370,00

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.2.2 Talento humano

Dentro del proyecto se ha invertido en distintos rubros, siendo movilización por motivos de pandemia, además del tiempo utilizado en investigación de campo, como también asesoría externa, se pone a consideración la siguiente tabla.

Tabla 3-3: Costos utilizados para la implementación del proyecto

COSTOS MEDIDOS POR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	DÍAS	COSTO DIARIO	COSTO TOTAL
Diseño electrónico	3	\$ 2,50	\$ 7,50
Diseño CAD de la estructura	3	\$ 3,50	\$ 10,50
Máquina de soldar	7	\$ 9,00	\$ 63,00
Programador electrónico	10	\$ 8,00	\$ 80,00
Máquina de corte a laser	2	\$ 40,00	\$ 80,00
Armador mecánico	7	\$ 5,00	\$ 35,00
Torno	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Pruebas del prototipo	5	\$ 10,00	\$ 50,00
Mano de obra	30	\$ 15,00	\$ 450,00
Costo total		\$ 113,00	\$ 796,00

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Así como se presenta el aporte al proyecto detallando cada costo que se ha utilizado para su elaboración, el tutor, así como el asesor han aportado con la supervisión de cada uno de los detalles que se implementó en el banco de pruebas y con la aprobación correspondiente se avanzó para lograr el objetivo que es la culminación del banco de pruebas.

Como ayuda externa el docente se ha manifestado con diferentes tutorías y explicaciones de cada tema y subtema, de igual manera ha aportado ideas y abalizó diferentes aportes para la obtención de resultados coherentes en el proyecto.

3.3.2.3 Equipos materiales

El diseño que se ha planeado para este tipo de banco de pruebas consta de una variedad de materia prima entre los que se destacan, materiales para la estructura, materiales eléctricos y electrónicos y componentes mecánicos, que serán un solo conjunto al terminar la implementación. A continuación, se enlista los materiales utilizados.

Materiales

- Motor trifásico marca weg
- Variador de frecuencia trifásico marca weg
- 9 metros de tubo cuadrado 20.5mm x 20.5mm y un espesor de 0.9mm
- Estructura de fijación
- Estructura móvil
- Diseño eléctrico
- Arduino mega
- Relé de potencia 12v- 24v
- Sensor de corriente SCT0100 100A/100mA
- Sensor Infrarojo FC-51
- Amplificador Operacional
- LCD 20x4
- Fuente 12V-20A
- Ventiladores
- PCB
- Ácido férrico
- MDF
- Tornillos
- Correa de transmisión
- Polea
- Electroodos

Equipos

- Máquina de soldar
- Cortadora laser
- Torno
- Impresora 3D
- Taladro
- Juego de llaves
- Caja de dados
- Cautín

3.3.3 Desarrollo del proyecto

Debido a que existe un mercado en el cual podemos encontrar variedad de bancos de pruebas, se ha basado en diseños americanos compactos que proveen de mayor espacio al momento de la implementación, se revisan su forma de construcción y datos técnicos que encaminan a realizar un diseño adecuado y funcional, teniendo en cuenta que la mayoría de electrónica y electricidad del banco va en un solo conjunto, es necesario crear bosquejos que nos permitan tener una primera apreciación de su forma y tamaño.

3.3.3.1 Bosquejo

En primer lugar, se busca el diseño adecuado para soportar el alternador de forma que no se produzca vibraciones que dañen a los elementos fijos del mismo, por lo que debe ser estable, flexible y regulable dado que se necesita tensar la banda de transmisión, la forma para la base será en V para que se pueda adaptar a cualquier tipo de alternador y se lo fijara contra la misma con un tornillo sin fin en forma de prensa.

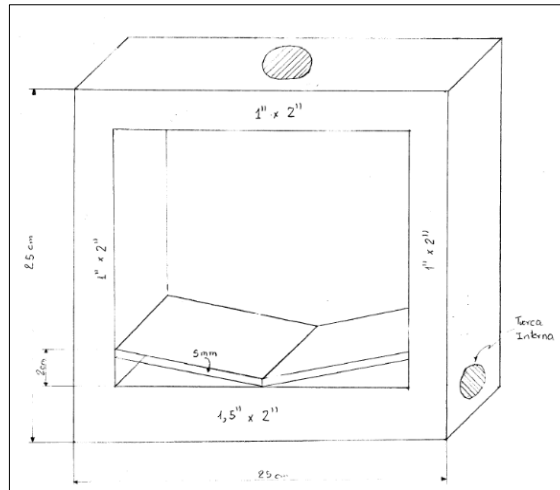


Figura 3-3: Soporte del alternador

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

La siguiente fase del diseño es la forma en la que van a estar acoplados el motor eléctrico trifásico y el alternador por medio de una correa de transmisión, para lo que se usa un tornillo sin fin entre el soporte del alternador y la base en la que se instale el motor eléctrico para poder tener libre movimiento entre ambas partes y que se unan por medio de poleas y la correa debidamente tensada, este tipo de ensamble debe ser fijo para soportar movimiento bruscos y distintas cargas producidas por la potencia del motor y la resistencia que oponga el alternador.

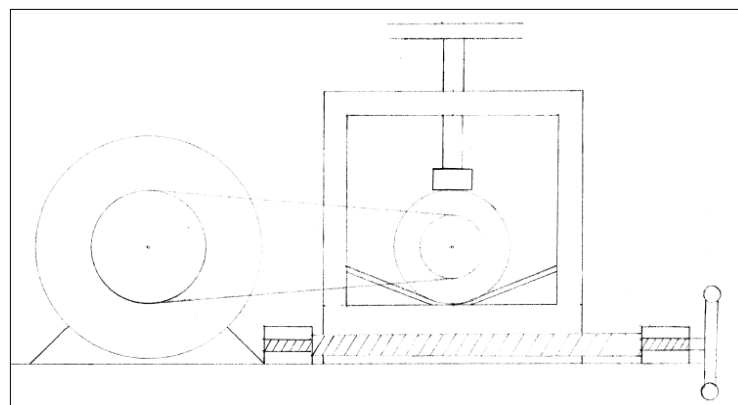


Figura 4-3: Mecanismo móvil

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Para poder soportar la parte mecánica e instalar la electrónica y electricidad detrás del banco, debe poseer una estructura sólida que permita hacer pruebas sin ninguna dificultad por lo que se vio necesario diseñar en un software CAD lo referente al esqueleto del banco de pruebas teniendo en cuenta que usaremos tubo cuadrado de acero y para la unión de sus distintas partes nos valdremos de una suelda SMAW y de las medidas planteadas en los bocetos anteriores.

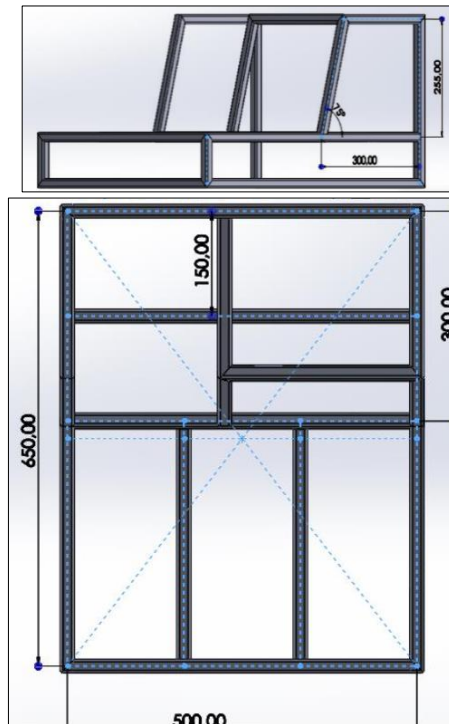


Figura 5-3: Diseño de Estructura

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.3.2 Simulación

Para la simulación de la estructura se usó un programa que es de mucha ayuda como lo es ANSYS, este programa simula la deformación total de la estructura que va a tener el banco de pruebas ya con todas las fuerzas ubicada, en nuestro caso va hacer el peso de los componentes y al momento que este instalado y probando los alternadores no debe deformarse, entonces se tomó en cuenta todos los materiales y se realizó su respectiva simulación.

Realizando este debido análisis podemos concluir que la estructura no tiene una deformación exagerada y soporta nuestro banco de pruebas, con estos datos obtenidos se comenzó la fabricación de nuestra estructura. Tomando en cuenta que el factor de seguridad para la construcción del banco de tomo menor a 1 y con las pruebas lo obtuvimos.

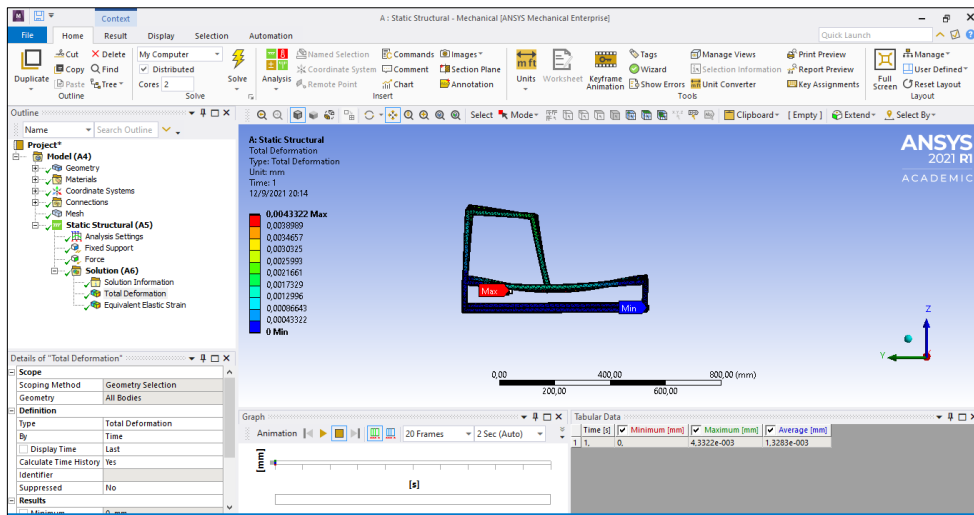


Figura 6-3: Simulación de cargas

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.3.3 Selección de materiales

Para una mejor apreciación de los pasos que lleva el armado del banco se subdividirá la construcción en etapas, las cuales se enlistan a continuación:

- Diseño Mecánico y estructural
- Diseño Eléctrico y electrónico

a) Diseño Mecánico y estructural

Se ha estudiado de forma experimental el diseño que debe poseer el banco de pruebas para alternadores, teniendo en cuenta que debe soportar cargas en su estructura no solo del peso de los componentes ya enlistados si no también las vibraciones que pueda producir el motor eléctrico el momento que comience a funcionar para mover el rotor del alternador.

Se eligió el hierro para la construcción de la estructura en su totalidad, para lo que se usó un tubo cuadrado de 20.5mm x 20.5mm y un espesor de 0.9mm, plancha de tol de 3mm que se usaran en la base en forma de V en la que se apoya el alternador, y tol de 6mm que servirá de base para instalar el motor eléctrico y el mecanismo móvil a la estructura, todas estas piezas del banco estarán sujetas mediante soldaduras SMAW.

Esta estructura se monta de acuerdo a los planos realizados en el diseño CAD donde se tiene una estructura cuadrada con espacio suficiente para el motor trifásico y los demás sistemas que componen el banco, teniendo en cuenta que es un diseño compacto podremos montarlo en cualquier lugar que nos brinde estabilidad como una mesa de trabajo.



Figura 7-3: Tubo cuadrado AC INEN 2415

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

También posee partes móviles que son netamente encaminadas a solucionar la fijación del alternador y el tensado de la banda de transmisión de potencia para lo que nos valimos de un mecanismo basado en un tornillo de transmisión, ya que transmite el movimiento y fuerza paralelo al eje con lo que lograremos que la estructura de la base para el alternador se mueva en la dirección de tensado y destensado de la correa.

Este tipo de roscas se las conoce como de acción y se utilizan conjuntamente en tornillos de transmisión, son mecanismos que convierten un giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo, transmitiendo fuerza y potencia mecánica. (Díaz,2018)



Figura 8-3: Tornillo sin fin

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

b) Diseño eléctrico y electrónico

Una parte primordial del banco de pruebas es el tipo de motor eléctrico que elige, ya que de este depende el poder hacer pruebas a un nivel óptimo y casi real que tendría en un auto común, por lo que se ve necesario estimar la potencia del motor eléctrico, teniendo en cuenta que debe ser trifásico para poder controlar su sentido de giro como también sus revoluciones.

Para lograr estimar que potencia de motor eléctrico necesitamos para la implementación nos apoyamos del cálculo de potencia del alternador tomando en cuenta un alternador Bosch para un Sail que es el de mayor demanda en nuestro medio, con unas características de 12V y 100 A, para el cálculo de la potencia se utiliza la siguiente ecuación.

$$Pot = V * I$$

Ecuación 1-3: Potencia en motor eléctrico

$$Pot = 12V * 109A = 1308W$$

El motor debe proveer por lo menos 1308W de potencia, aunque la denominación de potencia de los motores eléctricos la encontramos en HP se ve necesario transformar las unidades y añadirle un margen de trabajo que puede ayudarnos con otros alternadores de distintas características.

$$Pot = 1308W * \frac{1HP}{745.7w} = 1.754HP * \frac{1}{0.7} = 2.5HP$$

Según los cálculos es necesario un motor trifásico de marca WEG de 3HP que posee una velocidad de giro de 3600 rpm, un voltaje con un rango entre 208V a 230V y un peso de 83.7 lb.



Figura 9-3: Motor WEG

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Para la transmisión del movimiento y potencia entre el motor y el alternador se usa poleas y una correa en V calculando los parámetros como son el diámetro que debe tener la polea conductora que en este caso será más grande que la polea conducida ya que el motor eléctrico solo actuará hasta las 2100 RPM multiplicando las revoluciones en la polea del alternador, a continuación, se muestra los cálculos pertinentes.

Datos y parámetros de cálculos

$$P = 3 \text{ Hp}$$

$$n_1 = 2100 \text{ rpm}$$

$$D_2 = 2.165''$$

Cálculo de la potencia transmitida al banco de pruebas

$$P_c = ?$$

Potencia transmitida al banco

$$P = 3.6 \text{ Hp}$$

$$P_c = P * K$$

$$K = 1.2$$

$$P_c = 3 * 1.2$$

$$D_2 = 2.165''$$

$$P_c = 3.60 \text{ Hp}$$

Cálculo de la relación de transmisión, diámetro mayor y el rpm de poleas conducida (n_2)

$$R = ?$$

Relación de transmisión

Diámetro mayor

$$n_2 = ?$$

$$R = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$D_1 = R * D_2$$

$$n_1 = 1725 \text{ rpm}$$

$$R = \frac{D_1}{D_2}$$

$$D_1 = 2.905 * 2.165$$

$$R = \frac{6.29}{2.165}$$

$$D_1 = 6.289''$$

$$D_2 = 2.165''$$

$$R = 2.905$$

Cálculo del rpm de n_2

$$D_1 * n_1 = D_2 * n_2$$

$$n_2 = \frac{D_1 * n_1}{D_2}$$

$$n_2 = \frac{6.29 * 1725}{2.165}$$

$$n_2 = 6101.154 \text{ rpm}$$

Cálculo de la longitud de la correa

$$\begin{aligned} E &= 14.2'' & L_p &= 2E + \frac{\pi}{2}(D1 + D2) + \frac{(D1-D2)^2}{4E} \\ D1 &= 6.29'' & L_p &= 2(14.2) + \frac{\pi}{2}(6.29 + 2.165) + \frac{(6.29-2.165)^2}{4(14.2)} \\ D2 &= 2.165'' & L_p &= 28.4 + \frac{\pi}{2}(8.455) + \frac{(4.125)^2}{4(14.2)} \\ \pi &= 3.14156265 & L_p &= 41.980'' \end{aligned}$$

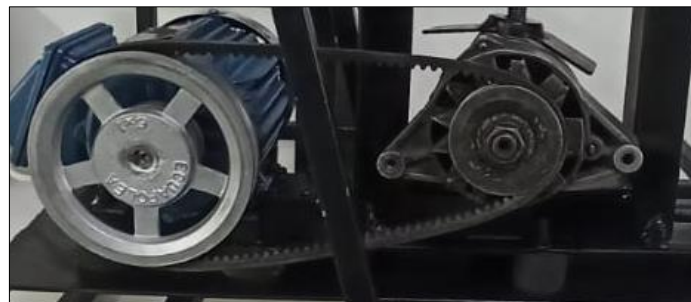


Figura 10-3: Montaje de las poleas

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Las revoluciones a las que gira el motor vienen dadas por la frecuencia de la red de abastecimiento eléctrico, para el banco de pruebas se necesita que dichas revoluciones varíen por ende se usa un variador de frecuencia adicional al circuito eléctrico de nuestro banco. Para poder tener una buena filtración de la señal que nos entrega el alternador se debe variar de menos a más las RPM del motor eléctrico, para dicha variación es necesario el uso de un variador de frecuencia WEG CFW100.



Figura 11-3: Variador de Frecuencia WEG

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Los consumidores que se usa para esta implementación son resistencias cerámicas ya que poseen buen aislamiento eléctrico y también son buenas conductoras del calor, al usar otro tipo de consumidor se toma en cuenta que estos no sobrecalienten ya que se trabajará con corrientes superiores a los 75 Amperios, por ello optamos por resistencias cerámicas de 20 W y 10 Ohm.



Figura 12-3: Resistencia cerámica

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Parte de la adquisición de datos está relacionada con el amperaje que es capaz de suministrar el alternador a distintas RPM la forma más sencilla y precisa que se tiene es con una pinza amperimétrica de DC que muestra el valor de corriente que produce en el instante el alternador, para el caso particular se tabulará estos datos de corriente para la gráfica lo que con un pinza no sería adecuado, consecuentemente fue necesario un sensor corriente dedicado SCT013 que según el campo magnético que produzca el cable de alimentación nos mostrara el rango en el que se encuentra el valor de amperaje.



Figura 13-3: Sensor de Corriente

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Siguiendo con la adquisición de datos se puede decir que otra parte primordial es saber a qué revoluciones gira el alternador, aunque se podría usar el cálculo de las poleas necesitamos que estos datos sean lo más aproximado posible, por lo que es necesario también detectar de forma electrónica las RPM del alternador con un sensor infrarrojo FC-51 que trabajando en conjunto con un imán en una parte de la polea nos mostrara cada vuelta que se produzca.

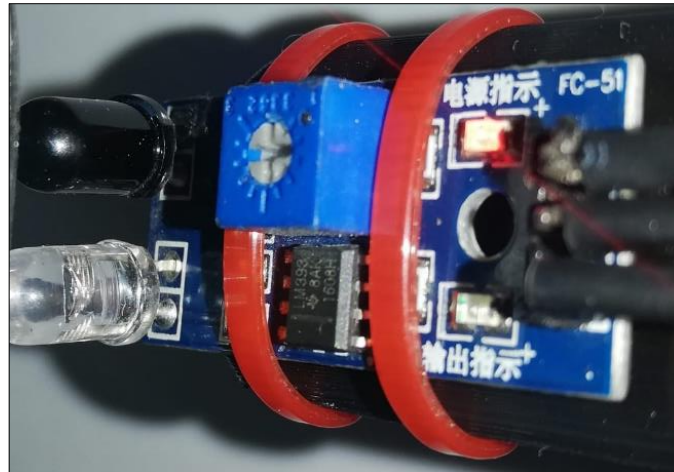


Figura 14-3: Sensor de Rpm

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

La parte del control automático hemos optado por realizar una comparativa entre las características de placas que existan en el mercado y cuál es la más rentable para nuestro fin, como observamos en la Tabla 4-3 podemos decir que la opción adecuada para implementar en el banco es la placa Arduino teniendo mayor número de entradas y salidas analógicas como digitales, bajo costo y su lenguaje de programación es más sencillo.

Tabla 4-3: Comparación de Tarjetas de desarrollo

TARJETAS DE DESARROLLO	RASPBERRY	PINGÜINO	ARDUINO
Microcontrolador	ARM-Cortex A53	PIC18f2550	ATMega328
Pines I/O Digitales	10	13	14
Pines I/O Analógicos	0	5	7
Voltaje de Operación	5V	4,2-5,5 V	5-12V
Precio	\$50	\$40	\$30
USB	4	1	1
Velocidad	900 Mhz	20Mhz	16 Mhz
Entorno de desarrollo	Linux, Eclipse, Windows	Mplab	Arduino IDE

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

La forma en que se suministra la corriente que va a consumir nuestro alternador va ser por medio de MOSFETS IRFP250N ya que estos permiten controlar corrientes hasta 40A y se usara varios para un mejor control y evitar sobrecalentamiento o fallas en las lecturas.



Figura 15-3: Mosfet IRFP250N

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

En la placa también se usa un amplificador operacional 741CN que funcione como divisor de voltaje para controlar las distintas tensiones de trabajo de los Arduinos y componentes electrónicos, teniendo así una sola fuente de alimentación.

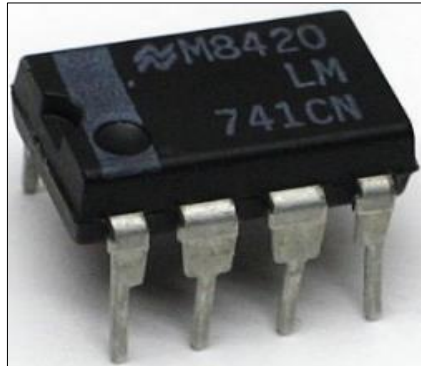


Figura 16-3: Op-pam 741CN

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Visto que debemos controlar de manera individual los datos de la generación de voltaje y amperaje del alternador, como también el control de los consumidores se ve necesario el uso de optoacopladores MOC3010 que nos permite tener ambos circuitos en una misma placa controlados a distintos voltajes y sin influir el uno con el otro.

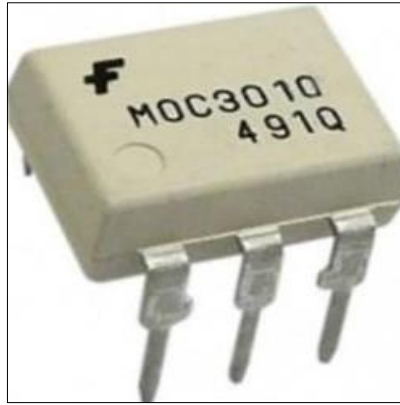


Figura 17-3: Optoacoplador

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Debido a que se debe controlar el variador de frecuencia tanto para prender el motor como para subir o bajar las RPM, se ve necesario el uso de pulsadores análogos que cumplan con esta función por lo que se usa dos, que irán directamente instalados en la parte de controles del banco de pruebas y serán de acceso directo para quien lo opere.



Figura 18-3: Pulsadores

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Este control del variador se lo realizara mediante Arduino directamente conectado a la línea común del variador y con el uso 3 Relays SRD-12VDC-SL-C que nos permitan activar las demás líneas como un switch logrando así la automatización de esta parte del diseño electrónico.



Figura 19-3: Relay del variador

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.3.4 Ensamble

Con todos los materiales adquiridos y conjuntamente con los planos estructurales se procede a formar al banco de pruebas, se usa las medidas del plano para cortar el tubo el número de partes que tiene el diseño, al tener cada parte cortada, desbastada y en algunas con el ángulo necesario procedemos a unirlos mediante una suelda SMAW con un electrodo 6013 a un amperaje no mayor a 120A, teniendo como resultado final la estructura presentada en la Ilustración 20-3.



Figura 20-3: Estructura metálica soldada

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

El mecanismo móvil se lo realiza por medio de un tornillo sin fin soldado a una manivela de acción, para esta aplicación es necesario fabricar las bases donde actuara el mecanismo de tensado y destensado de la banda, estas dos bases irán acopladas a una plancha de tol de 6mm mediante tornillos Allen de 2 ½ pulgadas y se encargaran de transmitir el movimiento al mecanismo de fijación del alternador.



Figura 21-3: Base mecanismo móvil

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Para la fijación del alternador se usará un mecanismo tipo prensa con un tornillo sin fin y una manivela que sujete al alternador y soporte la fuerza ejercida por el motor y la correa de transmisión, ambos mecanismos, el móvil y el de fijación son un solo conjunto en el banco por lo que la estructura cuadrada de fijación tendrá el mismo detalle de fabricación de las bases para que actúe en conjunto con el tornillo sin fin.



Figura 22-3: Mecanismo de fijación

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

La base que fijara el motor y los mecanismos es la plancha de tol de 6mm que ira soldada a una parte de la estructura de forma que el motor trifásico no se divise y permita tensar la banda de transmisión, el motor se fijara con amortiguadores de vibraciones para que no produzca cargas excesivas a la estructura conjuntamente con el mecanismo donde se localiza el alternador y el tornillo sin fin permite moverse a los lados.

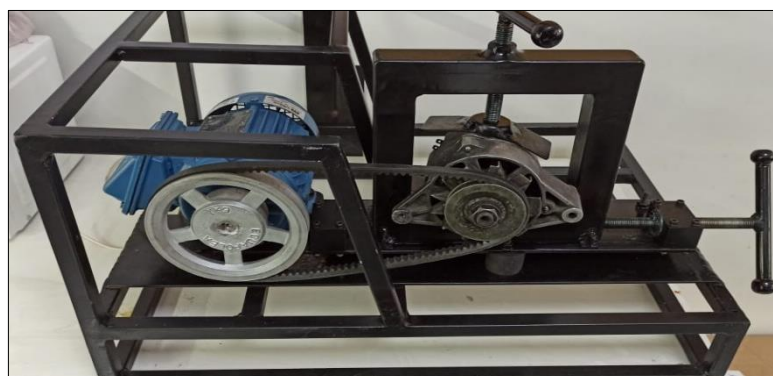


Figura 23-3: Ensamble mecanismo móvil y estructura

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Este motor ira conectado por sus conductores activos o líneas las R S T, que pueden ejecutarse con o sin una línea neutro, al ser un motor trifásico deberemos optar por un tipo de conexión ya sea Delta o Estrella, para el banco se optó por una conexión en delta ya que provee de un arranque fuerte y también debido a que este tipo de conexión se usa para tiempos de trabajo prolongados y continuos. (Ayala et al., 2015)



Figura 24-3: Conexión D del motor trifásico

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

El motor está conectado directamente al variador de frecuencia, y este conectado a la red eléctrica de 220V a 60Hz y por medio de la configuración de los parámetros del CFW100 se logra setear la forma en que va a variar las revoluciones del motor, con la ayuda de un potenciómetro instalado con las líneas de subir y bajar la frecuencia tendremos un rango más extenso de revoluciones a las que puede funcionar nuestro motor proporcionando así al momento de adquirir los datos de las RPM un mejor filtrado para la curva característica que esperamos.

Las resistencias cerámicas que se usa para que cumplan la función de consumidores deberán ser varias y en este caso serán usadas en paralelo, ya que así podemos mantener nuestro voltaje en la línea mientras el Amperaje de consumo será de alrededor de 200A basados en la fórmula $I = V/R$ y en la medición de la resistencia total teniendo un valor de 0.06Ω , estas resistencias cerámicas irán en la parte inferior de la estructura.



Figura 25-3: Paquete de resistencias en paralelo

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

En esta parte se puede ya realizar varias pruebas de funcionamiento comprobando la correcta instalación eléctrica y también si el consumo del paquete de resistencias es el adecuado por lo que se necesita un alternador base para el estudio el cual se conectara al banco de pruebas energizando su rotor, conectando los consumidores y comprobando la carga mediante su luz testigo, en esta parte se ve necesario el uso de un inversor de corriente continua que permita alimentar el rotor para que no dependa necesariamente de una batería y restándole espacio al banco que es uno de los objetivos.

Detrás de las pruebas y de los datos preliminares recogidos por un multímetro y una pinza amperimétrica se concluye que el banco cumple con el requerimiento de proveer consumo de corriente, variar la velocidad del alternador y regular el voltaje dependiendo las revoluciones a las que gira el alternador teniendo un panorama más claro de las señales que debemos filtrar para el estudio y el control automático que se necesita detrás del banco de pruebas.

Por consiguiente, el diseño electrónico se basará en los dispositivos y variables que necesitamos controlar usando los materiales ya enlistados, donde se puede dividir esta parte del diseño por cada proceso que se necesita controlar y cada variable que necesitamos captar como es el amperaje, voltaje y RPM, todo esto ira programado en lenguaje Arduino y con el uso de un Arduino MEGA y Arduino UNO.

Parte primordial de esta automatización es que el banco de pruebas sea lo más intuitivo a usarse sobre todo el momento de aplicar los consumidores al alternador de una manera progresiva dado que de esta forma la curva que muestra el consumo del amperaje que está teniendo el alternador sea lo mejor filtrada posible, para ello se ve necesario el uso de PWM en el código de Arduino ya que dependiendo del ancho de pulso de activación que se lea por medio de la variación de un potenciómetro liberaremos el consumo de las resistencias hacia el alternador.

Los MOSFETS son los encargados de suministrar los consumidores según varíe la señal de PWM estos funcionan como un switch a positivo activando cada etapa de las resistencias cerámicas teniendo así un control preciso de la corriente que consumirá el alternador logrando variar el amperaje en el rango de +/- 1 Amperio en la Ilustración 58-3 se muestra una de las ocho etapas del control por mosfet de los consumidores cada una usa un opto-acoplador para poder control cada uno mediante la programación.

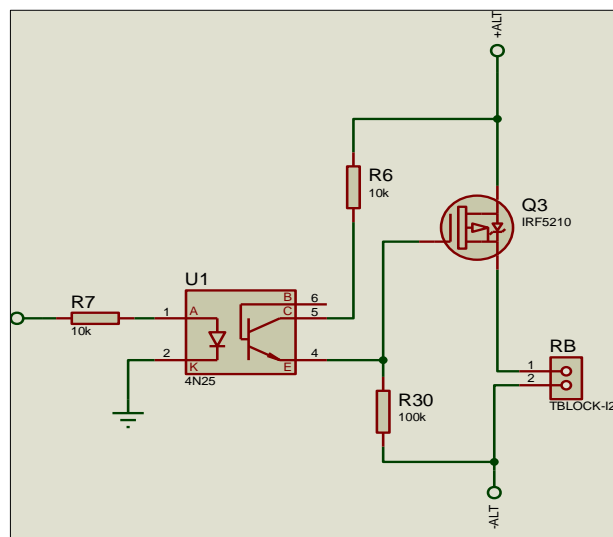


Figura 26-3: Circuito de consumo de corriente

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Para poder obtener los datos de corriente de consumo debemos usar el sensor SCT013 conectado directamente desde la línea de alimentación de carga de la batería en el alternador, donde se podrá leer una variable necesaria para las posteriores gráficas y curvas características a encontrar, esto también es controlado por la programación en Arduino donde capturaremos estos datos de amperaje que produce el alternador al aplicarle el consumo paulatinamente.

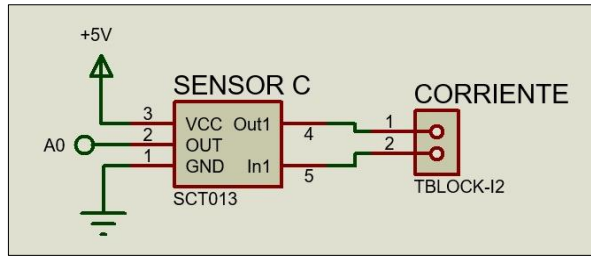


Figura 27-3: Circuito de censado de amperaje

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

La etapa de control del variador de frecuencia se lo realiza para poder activar sus funciones de manera directa mediante los pulsadores en el banco y sin tener que editar los parámetros en la programación del variador, usando los relays arrancaremos el motor trifásico y también variaremos sus RPM esto se lo realiza por medio de una alimentación de 12v mediante la programación en Arduino y forma parte de la placa PCB.

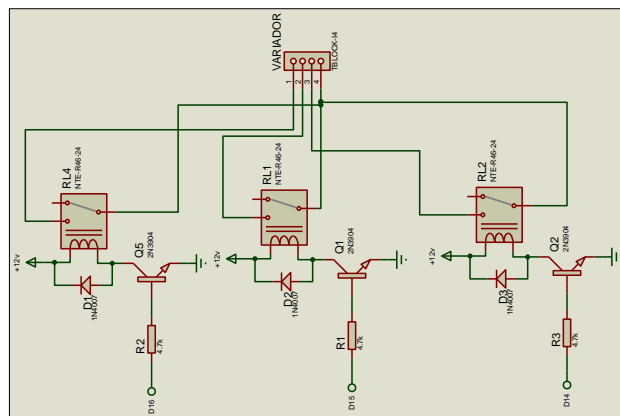


Figura 28-3: Circuito de control del variador

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Otra variable de importancia es saber a cuantas revoluciones se encuentra trabajando el alternador, esta variable permite establecer el consumo máximo que es capaz de realizar el alternador a máxima capacidad de giro que serán las 6000 RPM hasta que su curva característica se tienda a distorsionar debido a los materiales de los que están fabricado el estator y el rotor que básicamente son de hierro dulce donde al superar su límite de RPM ya no producirá carga, esto lo logramos por medio de un sensor IR FC-51 y un imán que girara al mismo ritmo de la polea.

Debido a los ruidos de las señales se decide trabajar el diseño de este circuito con un Arduino UNO para leer únicamente los datos de revoluciones y no tener conflictos con las señales que está trabajando el Arduino MEGA teniendo como resultado el siguiente circuito manejado con programación Arduino de igual manera.

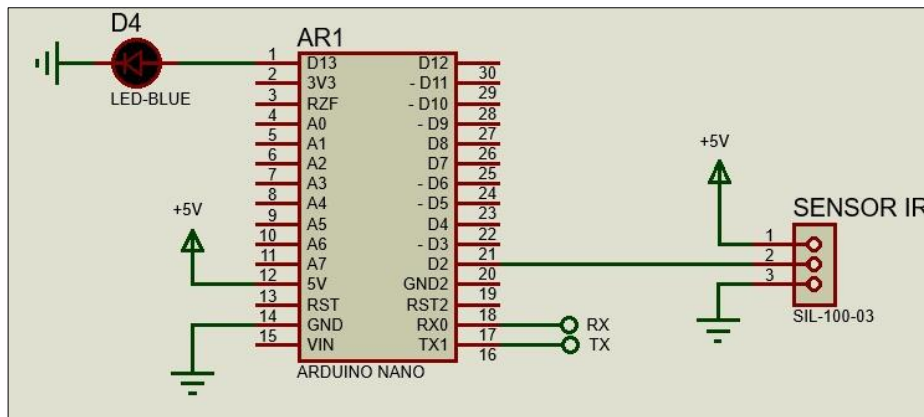


Figura 29-3: Circuito de control de RPM

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Con las distintas etapas de recolecciones de datos y de control automatizado listas para el banco de pruebas procedemos al diseño final de la placa principal que albergará a todos los circuito, para ello se usa el Software Proteus que nos permite ubicar de forma ordenada cada componente electrónico en su interfaz teniendo una primera impresión de la distribución que tendrá la placa, en este programa también podemos armar nuestra PCB con las líneas necesarias para su impresión y posterior baño en cloruro férrico.

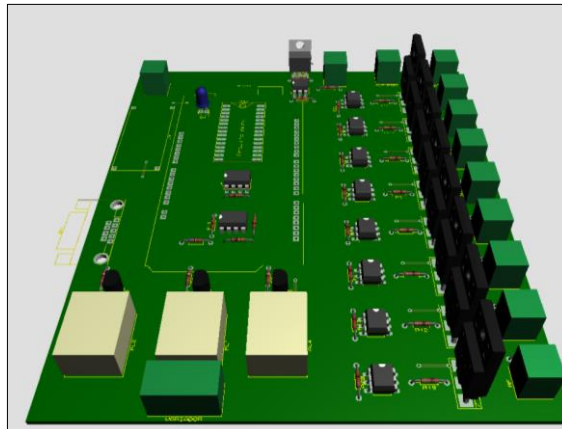


Figura 30-3: Diseño 3D placa

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Luego del baño ácido se procede a soldar cada componente en el lugar que le corresponde teniendo como resultado la siguiente placa que consta de todos los materiales electrónicos necesario para el control automático y funcionamiento del banco de pruebas, en esta placa también se encuentra los orificios necesarios para los pines del Arduino UNO y MEGA siendo estos donde se encuentra las líneas de código para su programación

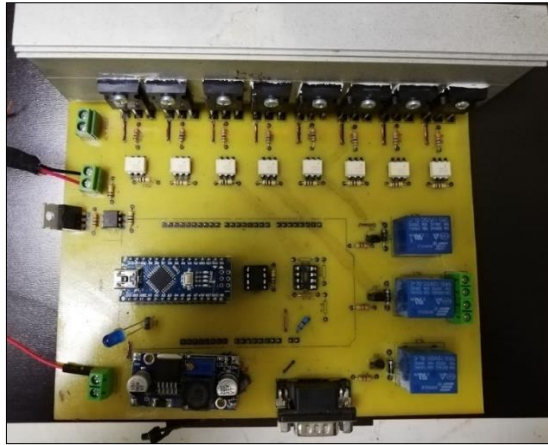


Figura 31-3: Ensamble placa final

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Como se puede observar en la Ilustración 31-3 la placa consta adicionalmente de un dissipador de calor de aluminio que va unido a los MOSFETS con un perno y en el medio pasta térmica debido a que estos funcionan en rangos altos de temperatura, y para todos los cables que forman parte de este circuito se usa un conector DB7 como conector principal.

Con todas las partes que forman el banco de pruebas se procede al ensamble total colocando en primera instancia el variador de frecuencia en la estructura por lo que se usó un riel donde ira sujetado conjuntamente con su instalación eléctrica, teniendo ya acoplado la polea del motor trifásico con un orificio donde se encuentra el imán que servirá para dar lectura a cada revolución del motor mediante el sensor hall que se lo coloca en una parte de la estructura donde percibirá cada giro del imán, aquí también ya se encuentra la correa de transmisión debidamente tensada.

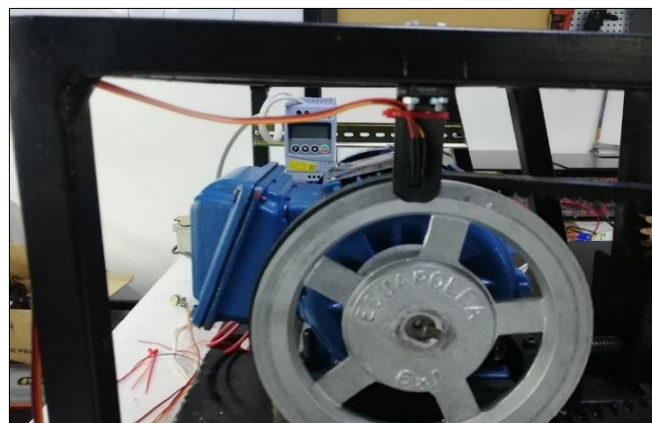


Figura 32-3: Ensamble variador y sensor de RPM

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Por otra parte, se sitúa a las resistencias cerámicas en la parte inferior del banco con sus respectivos cables de conexión para los MOSFETS de forma que cada paquete de resistencias entregue el consumo necesario según el control de PWM programado, en esta parte de la estructura también se coloca el inversor de voltaje de 12V con su instalación eléctrica necesaria para su control y su función de actuar como la batería del auto.

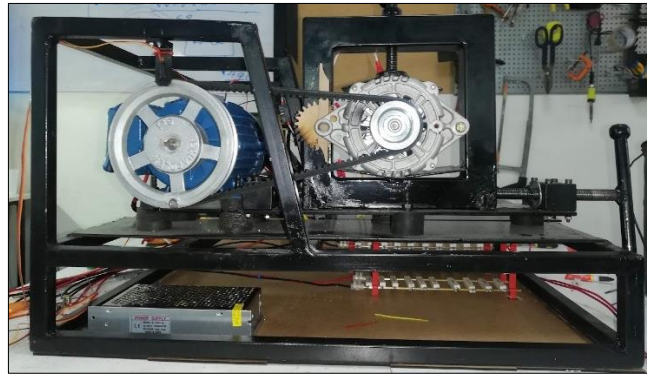


Figura 33-3: Ensamble resistencias e inversor

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

El sensor de corriente y de voltaje se encuentran directamente instalados en el circuito impreso por esta razón solo queda el ensamble final de la placa a la altura del motor y del panel de control con todas las conexiones de las distintas líneas de alimentación y adicional a esto un par de ventiladores que servirá para una mejor refrigeración de los dispositivos electrónicos en especial los MOSFETS, estos ventiladores vienen situados en un diseño en impresión 3D al igual que la base en donde reposara nuestra placa.

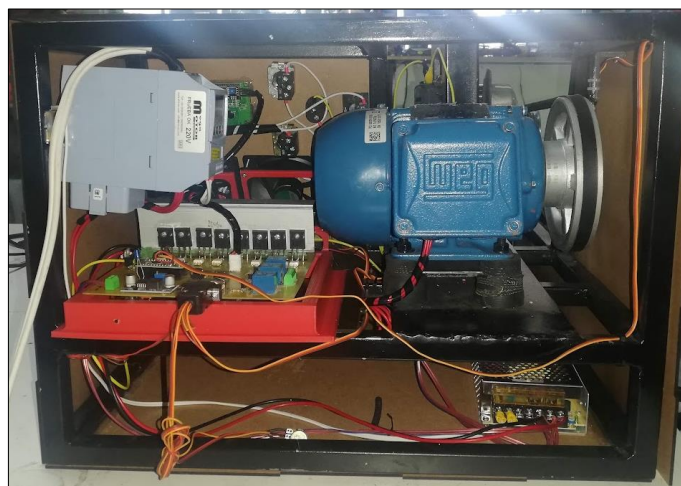


Figura 34-3: Ensamble placa

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

A continuación se instalará el panel de control en una pieza de MDF donde se encontraran los pulsadores de subir y bajar las RPM, el potenciómetro que nos ayuda a suministrar el consumo de amperaje, la luz testigo de carga del alternador, una pantalla que mostrara en tiempo real el voltaje que se está regulando el amperaje que se está abasteciendo y las RPM a las que gira el alternador y como medida de precaución por alguna eventualidad o fallo un botón de emergencia que corte todo el suministro de energía teniendo así el control total del banco de pruebas.



Figura 35-3: Ensamble panel de control

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Por último se procede a realizar el entorno grafico de LabVIEW seleccionando los controles de entrada de las variables e indicadores que serán parte de la lectura de los datos para que se pueda visualizar en la interfaz, usando una tabla de atributos que recolecte los datos de RPM, voltaje y corriente se procede a seleccionar a la ventana Show Diagram que es donde se realiza la programación, luego se debe ir situando las funciones, mandos y estructuras que se requieran para nuestra implementación en este caso usamos una ventana que nos muestre la curva de RPM vs A y RPM vs V al igual que indicadores análogos que nos muestren las variables capturadas en tiempo real la selección del puerto COM y un botón que servirá de stop.

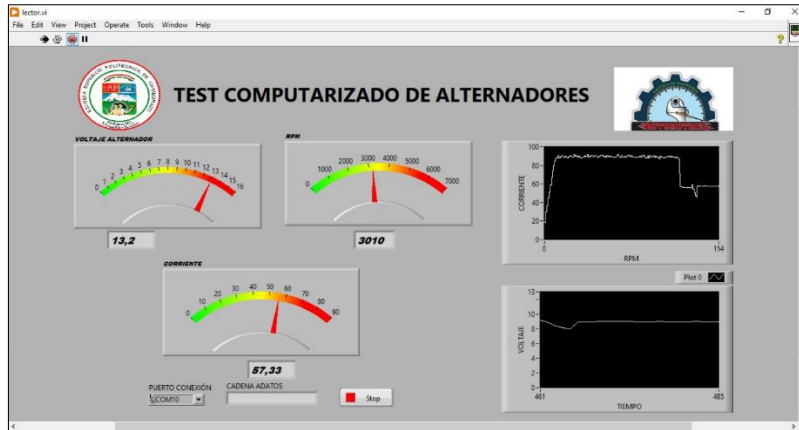


Figura 36-3: Interfaz LabVIEW

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

3.3.3.5 Presentación final

El diseño final del banco se muestra a continuación destacando la forma compacta que posee ayudándonos a poder postrarlo en cualquier mesa de trabajo que tenga características similares, se necesita que la computadora haga parte de esta implementación ya que con ella podremos capturar los datos de manera variada y nos provee la interfaz de usuario diseñada en LabVIEW al igual que el panel de control donde podremos hacer pruebas sin la computadora de una manera más sencilla pero sin la forma en que se captura los datos solo con la visualización de las mediciones reales que nos emite la pantalla.

Las conexiones que forman parte de las líneas que se acoplan al banco de pruebas son el cable amarillo de alimentación de 12V del estator I, la conexión a tierra con el cable negro que forma parte de toda la estructura del alternador y el cable L de luz testigo

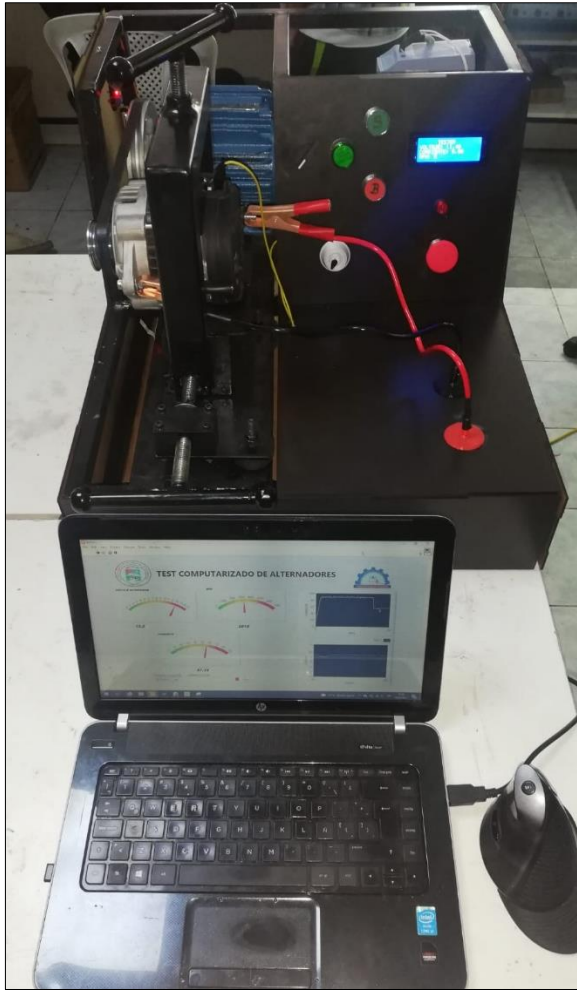


Figura 37-3: Banco de Pruebas

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

En este punto se revisa que tan efectivo es el banco para lo cual se va a realizar varias pruebas con diferentes alternadores, se utiliza alternadores nuevos, de medio uso y descompuestos, con esto se garantiza el comportamiento de cada uno de ellos y sus diferentes datos y curvas a obtener, la resistencia del banco y su montaje en sí, obteniendo datos técnicos de fabricantes y puesto a comparación con las obtenidas.

4.1. Obtención de resultados

Para la obtención del sistema mecánico y para las diferentes operaciones se utilizó un motor trifásico y de diferente sistema de transmisión sea unida por (bandas y poleas), y se hace un seguimiento de todos los materiales a utilizar y de igual manera la electrónica. El sistema de banco de pruebas estará controlado mediante programación y su alimentación será por medio de un variador de frecuencia quien controlará las diferentes revoluciones del motor.

Como uno de los puntos más importantes para no dañar este tipo de alternadores es basarnos en las especificaciones del fabricante, no se debe exceder los límites técnicos lo cual puede afectar en la toma de datos e incluso sufrir algún daño el alternador o sistemas del banco de pruebas.

4.1.1 Toma de datos

4.1.1.1 Prueba 1

Prueba de corriente vs RPM

Durante las pruebas realizadas de un alternador (serial: 9070278 AVEO FAMILY) se lo debe realizar de manera correcta con el ajuste perfecto del alternador, la banda debe templada, a razón de que no pueda ocasionar fallos en la toma de datos, el motor trifásico entra en línea cuando se comienza a mandar señales al regulador para la generación de movimiento lineal, a continuación, se presenta los datos obtenidos y su gráfica.

Tabla 1-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones

RPM	CORRIENTE
800	19,71
1000	23,03
1600	39,2
1800	49,3
2000	57,9
2400	69
3500	96,4
5000	104,6
6000	107

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

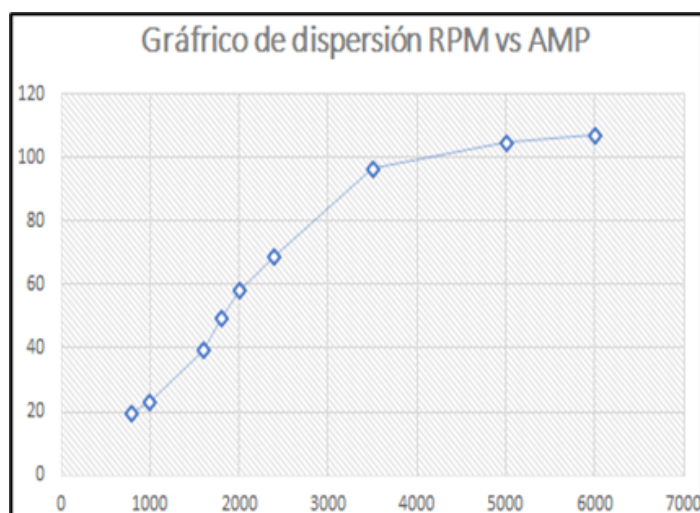


Gráfico 1-4: Curva de amperaje obtenida alternador nuevo

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de Voltaje vs RPM

Tabla 2-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones

RPM	VOLTAJE
800	14,4
1000	14,37
1500	14,26
2000	14,22
2500	14,2
3000	14,18
3500	14,15
4000	14,11
4500	14,06
5000	14,02
5500	13,98
6000	13,95

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

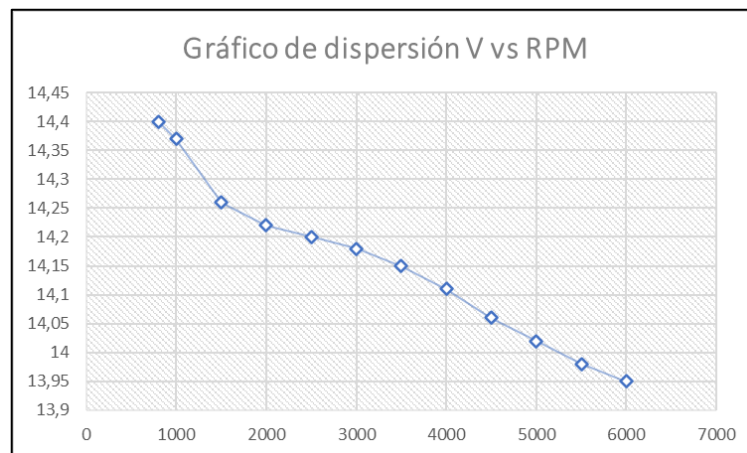


Gráfico 2-4: Curva de voltaje obtenida alternador nuevo

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

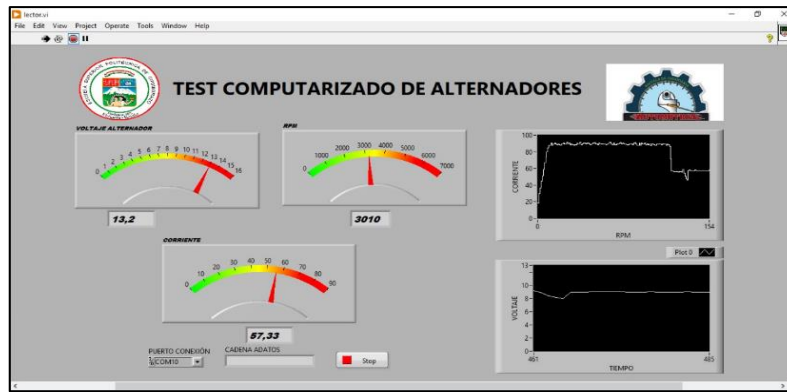


Figura 1-4: Diseño de la programación saliente de LabVIEW

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.2 Prueba 2

Prueba de Corriente vs RPM

Para esta prueba se tomó un alternador SUZUKI GRAND VITARA que se encontró en buen estado, al realizar las pruebas se consiguió unos datos aceptables y dentro de los parámetros establecidos, el alternador se encuentra bien conservado.

Tabla 3-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2)

RPM	CORRIENTE
800	19,71
1000	22,69
1500	23,16
2000	23,97
2500	27,03
3000	30,76
3500	35,31
4000	62,15
4500	67,48
5000	71,51
5500	74,27
6000	77,86

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

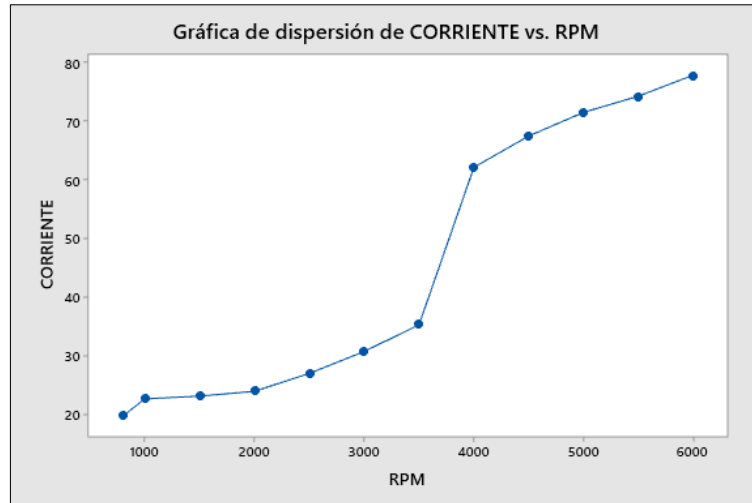


Gráfico 3-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de Voltaje vs RPM

Tabla 4-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2)

RPM	VOLTAJE
800	14,4
1000	14,37
1500	14,26
2000	14,22
2500	14,2
3000	14,18
3500	14,15
4000	14,11
4500	14,06
5000	14,02
5500	13,98
6000	13,95

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

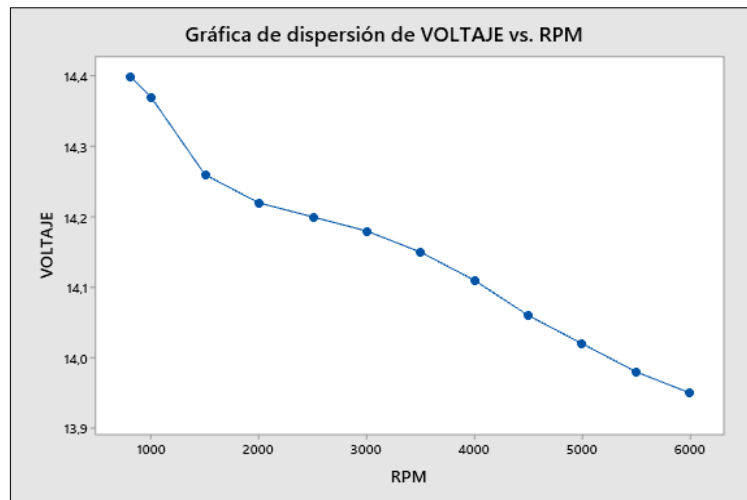


Gráfico 4-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.3 Prueba 2.1

Prueba de Corriente vs RPM

Tabla 5-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2)

RPM	CORRIENTE
1018	20,13
1803	23,75
1997	23,95
2501	27,1
2995	30,46
4004	50,87
4999	69,73
5999	74,97

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

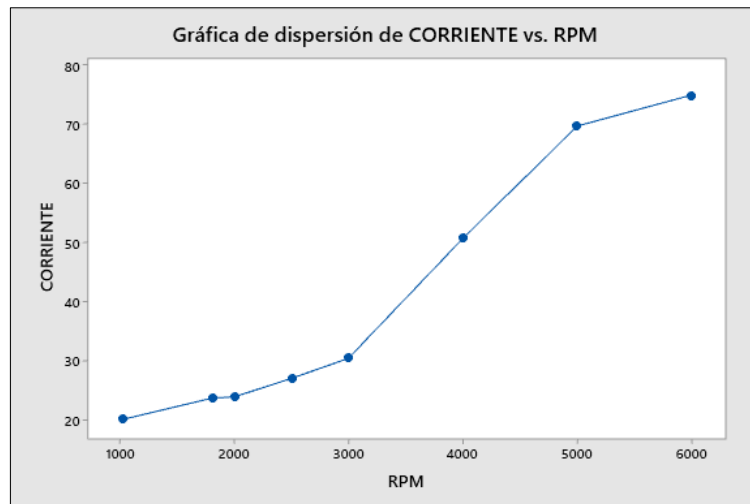


Gráfico 5-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de Voltaje vs RPM

Tabla 6-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 2)

RPM	VOLTAJE
1018	14,39
1803	14,24
1997	14,23
2501	14,2
2995	14,18
4004	14,1
4999	14,03
5999	13,99

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

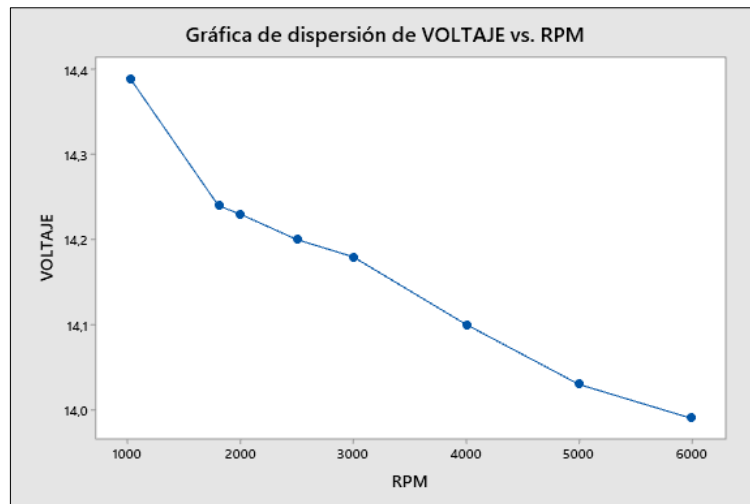


Gráfico 6-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 2)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

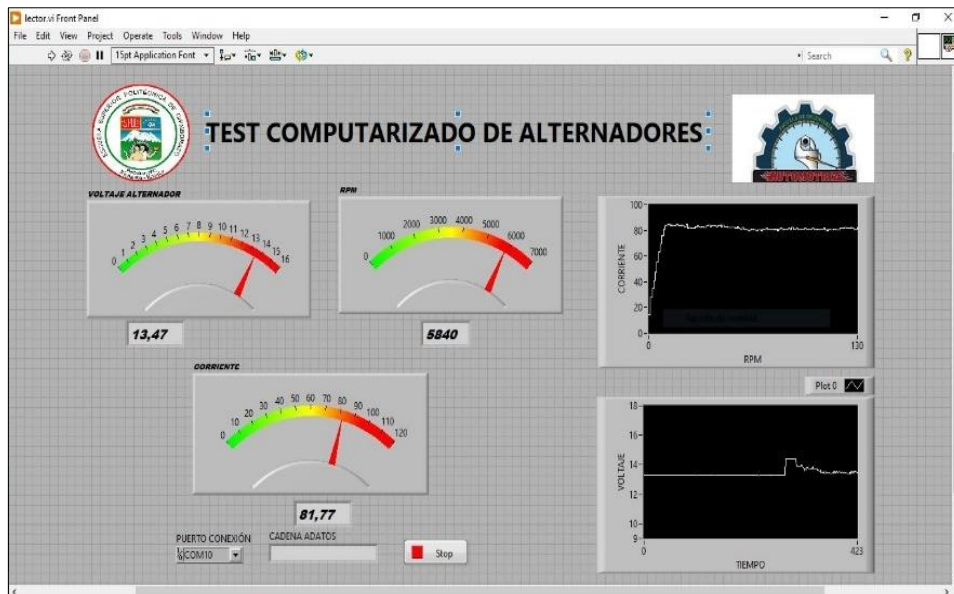


Figura 2-4. Test computarizado de alternador 2

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.4 Prueba 3

Prueba de Corriente vs RPM

Para esta prueba se optó por un alternador a medio uso marca AVEO FAMILY con los datos obtenidos se diagnostica que el alternador no se encontraba en óptimas condiciones.

Prueba de corriente vs RPM.

Tabla 7-4: Datos obtenidos del banco de pruebas
en diferentes revoluciones (alternador 3)

RPM	CORRIENTE
800	14,55
1000	18,71
1500	23,01
2000	27,35
2500	31,27
3000	34,23
3500	38,17
4000	41,33
4500	44,76
5000	47,81
5500	50,71
6000	57,93

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

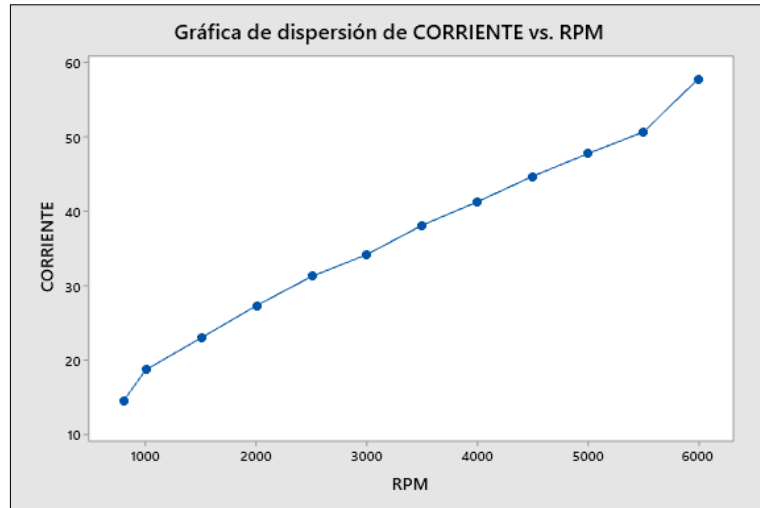


Gráfico 7-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de Voltaje vs RPM

Tabla 8-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3)

RPM	VOLTAJE
800	14,4
1000	14,34
1500	14,23
2000	13,99
2500	13,81
3000	13,76
3500	13,69
4000	13,63
4500	13,55
5000	13,52
5500	13,49
6000	13,45

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

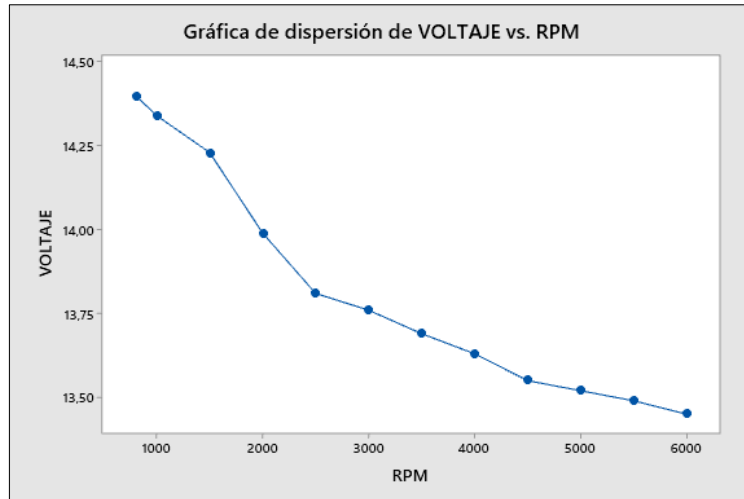


Gráfico 8-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.5 Prueba 3.1

Prueba de Corriente vs RPM

Tabla 9-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3)

RPM	CORRIENTE
1018	19,02
1803	26,69
1997	27,11
2501	31,38
2995	33,99
4004	41,45
4999	47,8
5999	57,9

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

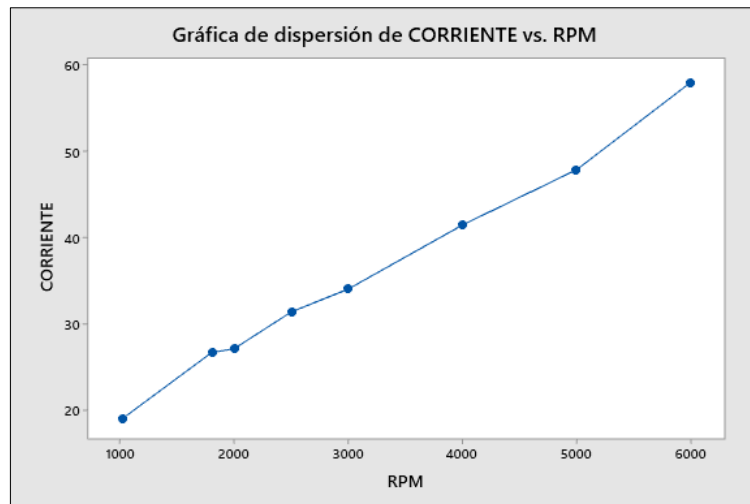


Gráfico 9-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de voltaje vs RPM

Tabla 10-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 3)

RPM	VOLTAJE
1018	14,31
1803	14,11
1997	14,04
2501	13,8
2995	13,72
4004	13,62
4999	13,54
5999	13,47

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

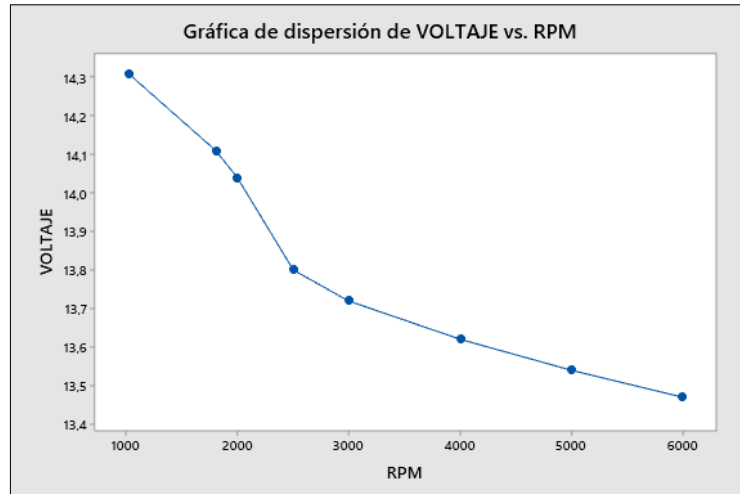


Gráfico 10-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 3)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

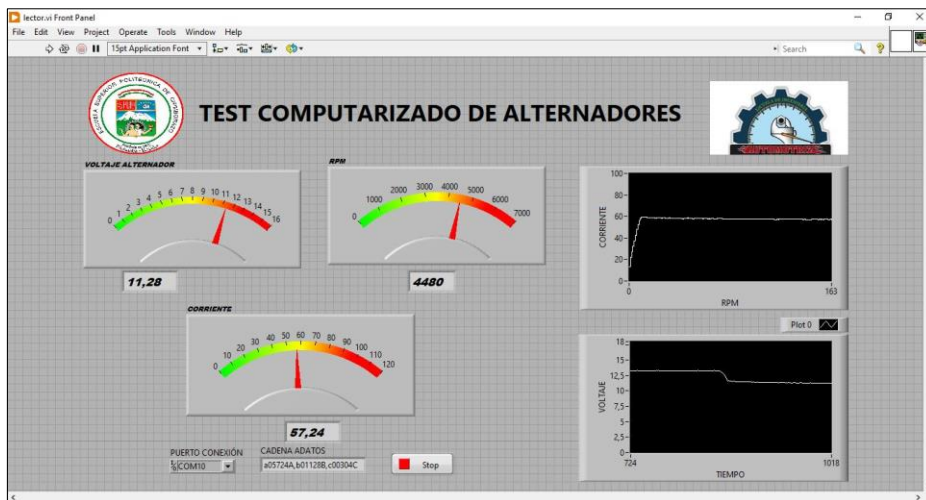


Figura 3-4: Test computarizado de alternador 3

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.6 Prueba 4

Prueba de Corriente vs RPM

Para esta prueba se utilizó el tipo de alternador marca CHEVROLET con la obtención de datos se verifica que el alternador se encuentra en estado normal.

Tabla 11-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4)

RPM	CORRIENTE
800	14,55
1000	18,09
1500	23,75
2000	31,27
2500	38,18
3000	44,76
3500	50,91
4000	57,93
4500	65,07
5000	73,15
5500	76,98
6000	82,47

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

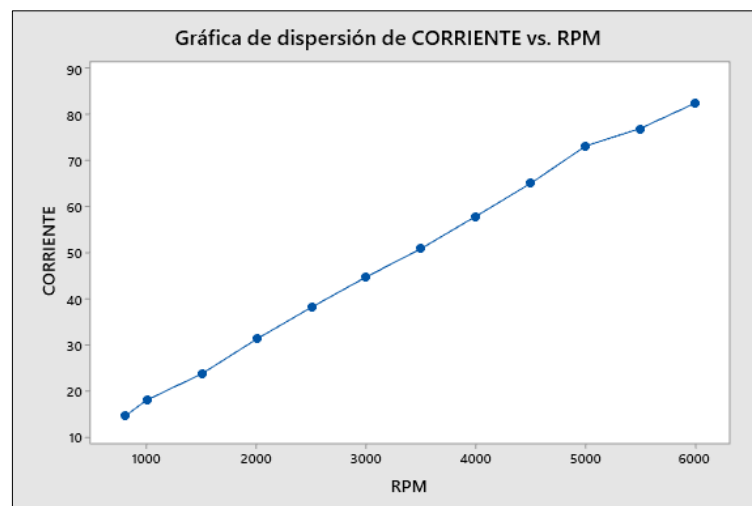


Gráfico 11-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de voltaje vs RPM

Tabla 12-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4)

RPM	VOLTAJE
800	14,4
1000	14,34
1500	14,29
2000	14,23
2500	14,1
3000	13,99
3500	13,91
4000	13,87
4500	13,81
5000	13,8
5500	13,76
6000	13,7

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

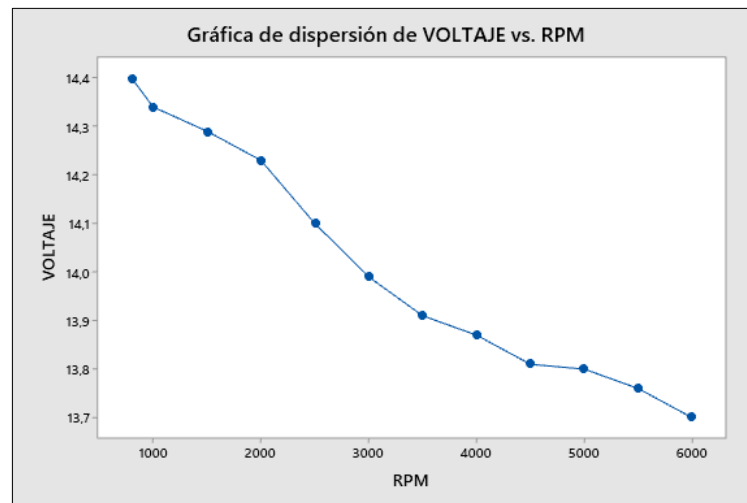


Gráfico 12-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.1.1.7 Prueba 4.1

Prueba de Corriente vs RPM

Tabla 13-4: Datos obtenidos del banco de pruebas en diferentes revoluciones (alternador 4)

RPM	CORRIENTE
1018	19,35
1803	28,42
1997	30,74
2501	38.10
2995	43,67
4004	58,99
4999	73,1
5999	81,11

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

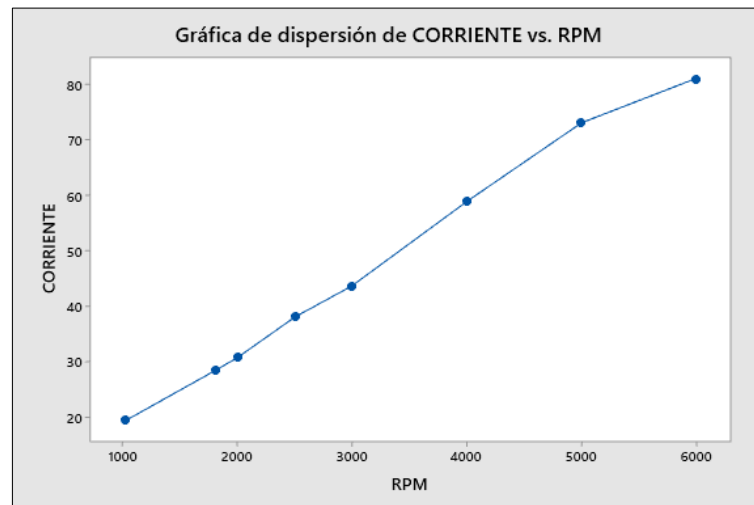


Gráfico 13-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Prueba de voltaje vs RPM

Tabla 14-4: Datos obtenidos del banco de pruebas
en diferentes revoluciones (alternador 4)

RPM	VOLTAJE
1018	14,32
1803	14,25
1997	14,24
2501	14,08
2995	13,97
4004	13,84
4999	13,81
5999	13,72

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

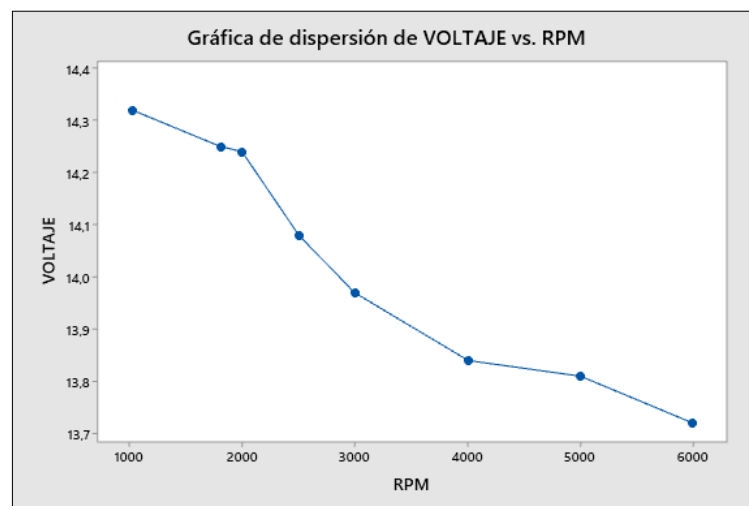


Gráfico 14-4: Gráfica obtenida mediante minitab (alternador 4)

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

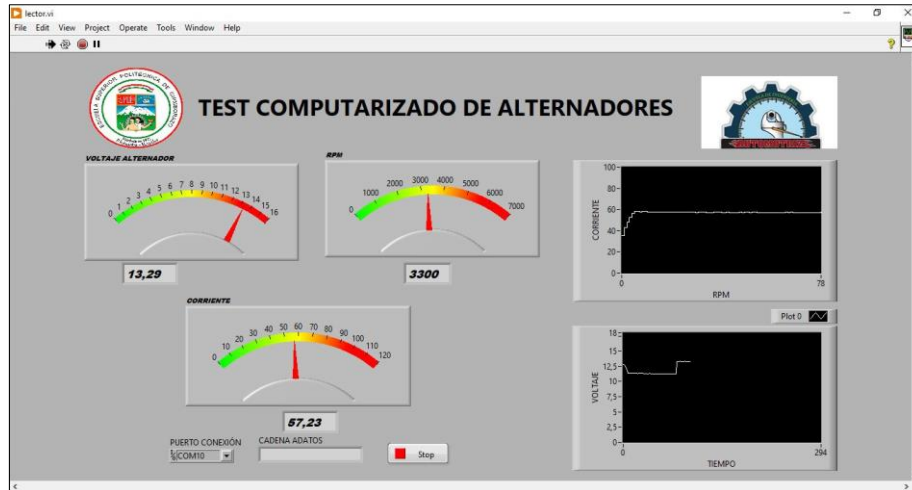


Figura 4-4: Test computarizado de alternador 4

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

4.2. Análisis de resultados

Para la prueba 1 se analiza el alternador nuevo ya que con él se puede tener una apreciación clara de la forma que toma datos el banco de pruebas y si el tipo de programación es el adecuado, así como cada elemento que lo compone, se comparó la gráfica de Amperaje vs Voltaje con datos los ya tabulados en la primera prueba con la gráfica que nos entrega la prueba computarizada del alternador serial: 9070278 de un Chevrolet SAIL

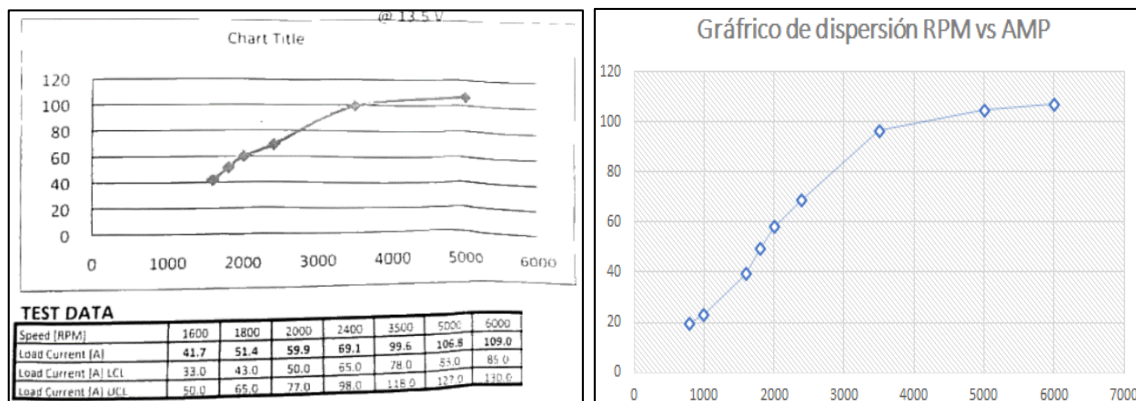


Gráfico 15-4: Comparación de curvas

Realizado por: Cruz, M.; Pacha, J. 2022

Como se puede apreciar las gráficas tienen un porcentaje alto de similitud concluyendo que el banco de pruebas se encuentra calibrado de manera correcta y procediendo a diagnosticar los demás alternadores de similares características, pero con distintos tiempos y condiciones de uso. En la prueba 2 se usa un alternador del mismo serial que el alternador patrón con un tiempo de uso de 6 años el cual nos entrega una curva similar con una variación de unos 5A y una curva de regulación de voltaje en los parámetros normales que va de 14.4V a 13.9V, dándole un diagnóstico de estado aceptable y sin problemas de regulación de voltaje.

CONCLUSIONES

- Mediante el diseño de la estructura y el sistema de control automatizado se implementó el banco, de forma que se use un computador conectado directamente a la placa Arduino y a la interfaz de LabVIEW proporcionando las gráficas de las curvas deseadas en tiempo real dando una primera apreciación del estado de funcionamiento del alternador.
- Construido el banco de pruebas se realizaron tests en varios alternadores de similares características comprobando que algunos tienden a restar sus capacidades dependiendo del tiempo y condiciones de uso, obteniendo así un diagnóstico de manera rápida y efectiva.
- Se obtuvo las curvas características de un alternador nuevo de un auto Chevrolet AVEO FAMILY dichas curvas se usaron como patrón para determinar el estado funcional de alternadores con similares características y distintos tiempos y condiciones de uso.
- Se comparó la curva obtenida con nuestro banco de pruebas de un alternador nuevo con el reporte de un test computarizado de un alternador de Chevrolet SAIL donde se constató que el banco de pruebas funciona de manera adecuada al producir una gráfica similar.

RECOMENDACIONES

- En el proceso de adquisición de datos del banco de pruebas de alternadores es prudente realizar un reset al programa de compilación posterior a cada prueba, ya que después de varios test repetidos el puerto COM al que está conectado Arduino suele dejar de enviar información forzando a cambiarlo y retrasando el proceso de recopilación de información del alternador.
- Debido al alcance y la versatilidad de los sistemas eléctricos y electrónicos que se incluyen en los distintos tipos de vehículos y sabiendo que esto influye directamente en el tamaño y prestaciones del alternador, es necesario como parte de una mejora al proyecto reemplazar el motor trifásico por uno de mayor potencia y revoluciones para poder analizar a fondo alternadores de distintas marcas y encaminados a un mayor abastecimiento de energía.
- El momento de realizar las pruebas de distintos alternadores hay que tener en cuenta que los conectores y los pines de conexión en cada marca varían, por lo que hay que siempre ayudarse del Pinout de cada modelo para poder conectarlo de manera adecuada y no originar algún fallo o avería en el momento de realizar las pruebas.
- Para la manipulación del banco de pruebas de alternadores es preciso tener las debidas precauciones el instante de proceder con las pruebas, puesto que de la correcta posición del alternador, sujeción y tensado de la correa de distribución dependerá que se transmita la potencia requerida del motor trifásico sin tener pérdidas.

GLOSARIO

ANSYS: principal fábrica de softwares de ingeniería avanzada para la simulación de comportamiento de los productos manufacturados y procesos industriales. (SEYS, 2020)

Curva característica: es una gráfica que representa la relación entre la exposición que recibe un material y la densidad que se obtiene con el revelado, una curva es una gráfica en dos ejes como cualquier otra grafica que relaciones dos o más variables. (Rodríguez, 2004)

Devanado primario: está conectado a la fuente de energía y transporta la corriente alterna desde la línea de suministro, puede ser un devanado de alto o bajo voltaje esto depende de la aplicación que tenga el transformador. (OMEGA ELECTRIC, 2022)

Devanado secundario: es el que suministra el potencial transformado a la carga y es donde se genera la fuerza electromotriz (voltaje) por el cambio de magnetismo en el núcleo al cual rodea, puede ser un devanado de alto o bajo voltaje dependiendo de la aplicación del transformador. (OMEGA ELECTRIC, 2022)

LabVIEW: es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo grafico para el diseño de aplicaciones de ingeniería de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de otras herramientas de desarrollo. (Universidad de Cantabria, 2010)

MOSFET: traducción en inglés (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor, es un transistor utilizado para amplificar o conmutar señales eléctricas. Es un dispositivo con cuatro terminales: fuente (S), drenador (D), puerta (G) y sustrato (B). (García, 2001)

Resistencia cerámica: son los componentes más usados en los circuitos electrónicos, y su finalidad es la de limitar la corriente que circula por un circuito, así como dividir la tensión a través del mismo. (García, 2001)

Optoacoplador: también llamado optoaislador o aislador acoplado óptimamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo led que satura un componente optoelectrónico, normal en forma de fototransistor o fototriac. (TOST ATRONIC, 2018)

OP-PAM-741 CN: es un amplificador operacional también es un circuito electrónico de propósitos general. (MARINJIL, 2019)

Variador de frecuencia: los variadores o convertidores de frecuencia son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos, sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna. (S&P, 2020)

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J.M.** *Técnicas del AUTOMOVIL* [en línea]. Séptima Edición. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 1998. [Consulta: 15 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmN0ZWNUaWNhdHVuYXV0b21vdG9yZXN8Z3g6NjRmMjU1ODMzMjU0ZTY1MA>
- ARIZA, J.** *Mantenimiento del Sistema de Carga con Alternador* [en línea]. Antequera-España: IC Editorial, 2012. [Consulta: 13 de octubre 2021]. Disponible en: <https://vdoc.pub/documents/mantenimiento-del-sistema-de-carga-con-alternador-3dk93751p0kg>
- AYALA, M., HUMBERTO, D., MENDOZA, Z. y LOBERTY, E.** Diseño y construcción de un banco de pruebas para generadores d.c. de aeronaves del ala de combate N 22 [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2015. [Consulta: 15 de marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10432>
- BOGARIZ VILCHES, D.** Validación experimental de un modelo de alternador trifásico (40v) para automoción [en línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España. 2003. [Consulta: 08 de enero 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/15558692-Escuela-tecnica-superior-de-ingenieria-departamento-de-ingenieria-electronica-electrica-y-automatica.html>
- BOSCH.** *Sistemas de Energía* [blog]. 2008. [Consulta: 25 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.bosch-thermotechnology.com/es/es/comercial-e-industrial/soporte/>
- CORDERO, P. y SANCHEZ, M.** Diseño y construcción de un banco didáctico para comprobar motores de arranque y alternadores [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2015. [Consulta: 15 de diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4900>
- DR.ING. K.G. BURGER.** *Electricidad y Electronica del Automóvil-Alternadores* [en línea]. Cuarta Edición. Hamburgo-Alemania, 2000. [Consulta: 10 de abril 2022]. Disponible en: https://www.todomecanica.com/component/k2/download/551_51856df1ee3c310a0454b03324051b1d.html
- GARCIA OCHOA, E.I.** Diseño y construcción de un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 02 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1405>

- GARCÍA, V.** *Fuentes de Alimentación* [blog]. 2001. [Consulta: 17 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/leccion-3-fuentes-de-alimentacion>
- HENAO MARTINEZ, E.J.** Diseño y construcción de un banco de pruebas del sistema de carga para vehículos toyota [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2015. [Consulta: 11 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1172457>
- INACAP, E.** *Área Mecánica Electricidad Automotriz* [en línea]. Santiago de Chile-Chile, 2019. [Consulta: 21 de octubre 2021]. Disponible en: http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/alumno/Mecanica/Mecanica-Automotriz-MPEA01-Electricidad-Automotriz/01_Unidad-N2-Sistema-de-Carga.pdf
- KLIER, T. y RUBENSTEIN, J.** "Who really made your car? Restructuring and geographic change in the auto industry". *W.E UPJOHN INSTITUTE* [en línea], 2008, vol 2. [Consulta: 25 de abril 2022]. ISSN 0094-5056. Disponible en: https://research.upjohn.org/up_press/3/
- LYUBIMOV, E., GLADYSHEV, S.P., ISTSELEMOV, D. y BELYAEV, N.** "Software for testing alternators of heavy-duty trucks and cars". *SAE Technical Papers* [en línea], 2012, [Consulta: 05 de diciembre 2021]. ISSN 26883627. Disponible en: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2012-01-0022/>
- MARINJIL.** *El Amplificador Operacional* [blog]. 2019. [Consulta: 08 de enero 2022]. Disponible en: [https://www.uv.es/marinjl/electro/ao.htm#:~:text=El amplificador operacional es un,especificacion también definida por el](https://www.uv.es/marinjl/electro/ao.htm#:~:text=El%20amplificador%20operacional%20es%20un%20especificacion%20tambi%C3%A9n%20definida%20por%20el)
- OMEGA ELECTRIC.** *¿Qué es un transformador eléctrico?* [blog]. 2022. [Consulta: 15 de abril 2022]. Disponible en: <https://transformadoressiosac.com/definicion-transformador-electrico/>
- RODRÍGUEZ, H.** *La Curva Característica* [blog]. 2004. [Consulta: 08 de abril 2022]. Disponible en: https://www.hugorodriguez.com/cursos/curso_sensit_03.htm
- S&P.** *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* [blog]. 2020. [Consulta: 09 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- SERRANO, E.B.** *Qué es la Instrumentación Virtual* [blog]. 2015. [Consulta: 15 de diciembre 2021]. Disponible en:
- SEYS.** *Ingeniería avanzada para la simulación en el Ansys Anual Hall of Fame 2019* [blog]. 2020. [Consulta: 17 de marzo 2022]. Disponible en: <https://seystic.com/ansys-ejemplos-de-simulacion-para-ingenieria-avanzada/>
- TOST ATRONIC.** *Optoacoplador* [blog]. 2018. [Consulta: 13 de abril 2022]. Disponible en: <https://tostatronic.com/store/semiconductores/237-moc3041.html>

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. *Labview* [blog]. 2010. [Consulta: 18 de abril 2022].

Disponible en:

<https://sdei.unican.es/Paginas/servicios/software/Labview.aspx#:~:text=LabVIEW es un software que,de otras herramientas de desarrollo.>

YÉPEZ, R.A.P. Diseño y construcción de un banco de pruebas para alternadores [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2017.

[Consulta: 15 de diciembre 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6496>