

UNIVERSIDAD DEL AZUAY



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ANALIZADOR DE CELDAS DE BATERÍAS DE
VEHICULOS HÍBRIDOS Y ELECTRICOS

Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORES:

José Antonio Zúñiga Cabrera
Wilson Fabian Chuisaca Buestan

CUENCA, ECUADOR

2024

Dedicatoria

A nuestros padres, quienes han sido un apoyo importante en este proyecto investigativo con el que concluimos una etapa trascendente de la formación profesional tan fundamental para nuestras vidas.

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un analizador de celdas de baterías para vehículos híbridos y eléctricos, que permita identificar el estado de las celdas y determinar cuál debe ser reemplazada. Para lograrlo, se utilizará información de vehículos con sistema híbrido, en particular el Toyota Highland, con el fin de obtener referencias técnicas y realizar pruebas de funcionamiento del vehículo y del equipo de análisis.

Dado que los vehículos híbridos operan con un voltaje alto, se diseñará un equipo que permita regular la energía con la que trabaja. Para ello, se utilizarán elementos eléctricos y electrónicos de manera técnica y experimental, rectificando la corriente alterna a continua para brindar la carga y descarga necesaria para analizar una celda de batería en buen o mal estado.

El proceso de análisis técnico permitirá determinar qué celda debe ser reemplazada, lo que a su vez permitirá prolongar la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos y, en ocasiones, recuperar baterías que habían sido destinadas a ser reemplazadas. En consecuencia, este proyecto representa una oportunidad para mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos y eléctricos, lo que se traduce en beneficios económicos y ambientales.

Abstract

The main objective of this project is to develop a battery cell analyzer for hybrid and electric vehicles that allows identifying the state of the cells and determining which one should be replaced. To achieve this, information from hybrid vehicles, particularly the Toyota Highland, will be used to obtain technical references and perform vehicle and analysis equipment performance tests.

Given that hybrid vehicles operates at a high voltage, equipment will be designed to regulate the energy with which they work. To do this, electrical and electronic elements will be used in a technical and experimental way, rectifying the alternating current to direct current to provide the necessary charge and discharge to analyze a cell in good or bad condition.

The technical analysis process will determine which cell needs to be replaced, which in turn will prolong the life of hybrid and electric vehicle batteries and, in some cases, recover batteries that were destined to be replaced. Consequently, this project represents an opportunity to improve the efficiency and prolong the life of hybrid and electric vehicle batteries, which translates into economic and environmental benefits.

Índice

Dedicatoria	2
Resumen	3
Abstract	4
1. Capítulo I	8
1.1. Introducción	8
1.1.1. Mercado De Vehículos Híbridos	8
1.2. Planteamiento Del Problema	10
1.3. Hipótesis	11
1.3.1. Objetivos	11
1.3.1.1. Objetivo General	11
1.3.1.2. Objetivos Específicos	11
1.4. Justificación	12
1.5. Antecedentes	12
1.5.1. Mitos Existentes De Los Vehículos Híbridos	13
1.5.2. Conexión Para La Carga De Un Vehículo Híbrido	14
1.5.3. Reemplazo De Las Baterías De Vehículos Híbridos	14
1.5.4. Costos De Los Vehículos Híbridos	15
1.5.5. Tamaño Y Potencia De Los Vehículos Híbridos	16
1.6. Marco Teórico	18
1.6.1. Normativas Sobre Cargadores De Baterías Híbridas	18
1.6.2. Vehículos Híbridos	19
1.6.3. Generaciones De Las Baterías	20
1.6.4. Baterías De Hidruro Metálico De Níquel	23
1.6.5. Métodos Para Determinar Una Celda Defectuosa	24
2. Capítulo II	26
2.1. Determinación De Parámetros De Funcionamiento Del Equipo De Diagnóstico	26
2.1.1. Prueba de estado de la batería	26
2.1.2. Pruebas a bordo del vehículo	27
2.1.3. Procedimiento	28
2.2. Diagnóstico de falla en un vehículo Toyota highlander	29
2.3. Fórmulas para obtener el estado de una batería de un vehículo híbrido	32

2.4.	Ejemplo de aplicación del análisis del estado de la batería de un vehículo Highlander	34
2.4.1.	Pruebas fuera del vehículo	35
2.5.	Prueba de carga	38
2.6.	Prueba de descarga	39
3.	Capítulo III	40
3.1.	Selección de los elementos	40
3.1.1.	Amperímetro	40
3.1.2.	Voltímetro	41
3.1.3.	Bornera	41
3.1.4.	Puente rectificador	42
3.1.5.	Condensador	42
3.1.6.	Diodos	43
3.1.7.	Focos halógenos	44
3.1.8.	Interruptor multicontacto	44
3.1.9.	Cautín	45
3.1.10.	Estaño	45
3.1.11.	Pasta de soldar	45
3.2.	Cálculos para el cargador de las baterías	46
3.2.1.	Rizado en la corriente	47
3.2.2.	Selección del puente rectificador	50
3.2.3.	Selección del diodo de protección y paso de la corriente en un solo sentido	52
3.2.4.	Cálculo del transformador	53
3.2.5.	Calcular la potencia de salida requerida	53
3.2.6.	Calcular la corriente en el lado primario del transformador	54
3.2.7.	Calcular la corriente en el lado secundario del transformador	54
3.2.8.	Seleccionar un rectificador adecuado	55
3.2.9.	Elegir un filtro adecuado	56
3.2.10.	Cálculo del devanado del transformador	56
4.	Capítulo IV	59
4.1.	Diseño y construcción del cargador de baterías híbridas	59
4.1.1.	Elaboración del esquema eléctrico	60
4.1.2.	Rectificador de corriente	61

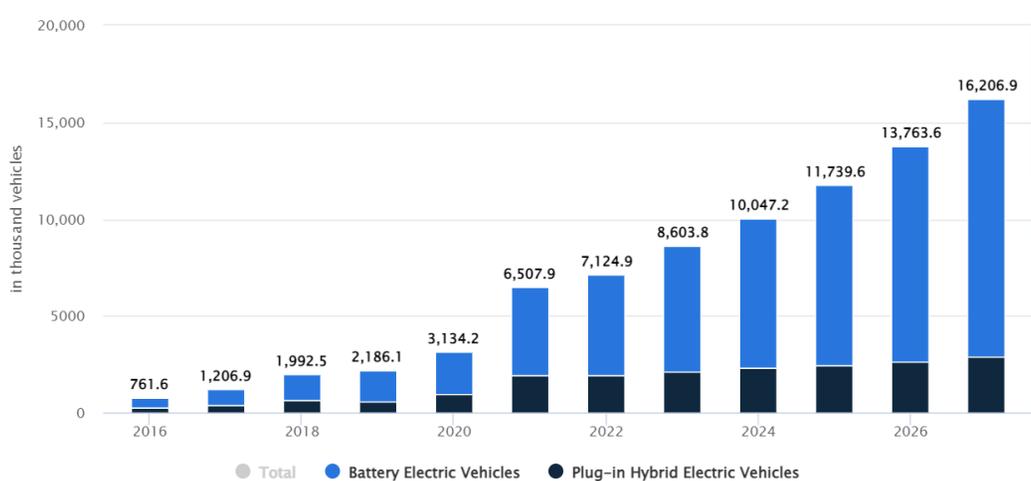
4.1.3.	Control de voltaje de las celdas	61
4.2.	Diseño del cargador de baterías	62
4.2.1.	Funciones generales del cargador	62
4.2.2.	Manipulación del cargador	63
4.2.3.	Modos de carga y descarga	64
4.2.4.	Modo de análisis	64
4.3.	Construcción	65
4.3.1.	Elaboración de la placa	65
4.3.2.	Simulación de circuito en el programa Proteus	66
4.3.3.	Construcción de la carcasa del cargador	67
4.3.4.	Instalación del circuito eléctrico	67
5.	Capítulo V	68
5.1.	Comprobación del equipo y Parámetros de pruebas	68
5.1.1.	Procedimiento para descargar la batería montada en el vehículo	70
5.1.2.	Mediciones	73
5.1.3.	Tablas obtenidas en las mediciones	74
5.1.4.	Validación del equipo	76
6.	Conclusiones	78
7.	Recomendaciones	79
8.	Bibliografía	80
9.	Anexos	82
9.1.	Diseño del cargador de baterías híbridas.	82
10.	Índice de figuras	84
11.	Índice de Tablas	85

1. Capítulo I

1.1. Introducción

Actualmente, la producción de vehículos híbridos y eléctricos está en constante crecimiento a nivel mundial, como se muestra en la Figura 1. Se estima que los ingresos de estos vehículos aumentarán a una tasa anual del 17,75 % de 2022 a 2027, lo que resultará en un volumen de mercado proyectado de \$16 206 millones para el año 2027 (Vehículos Eléctricos - en todo el mundo, s/f, como se cita en Statista, 2023

Figura 1 Crecimiento de vehículos híbridos



Nota: Vehicle Sales, (s/f), de Statista.com (<https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide#unit-sales>). CC

BY 2.0

1.1.1. Mercado De Vehículos Híbridos

En Ecuador, las ventas de vehículos híbridos y eléctricos han aumentado significativamente en términos de unidades vendidas en comparación con 2021. De enero a septiembre de 2022 tal como se puede observar en la tabla 1, hubo un aumento del 99% en las ventas de vehículos híbridos en comparación con el mismo período del año anterior, y un aumento del 29% en las ventas de vehículos eléctricos. Estos vehículos representan el 5% de participación

de mercado por tipo de combustible como observamos en la imagen 2. AEADE. (2022). Hybrid Vehicle Market Analysis - Industry Report - Trends, Size & Share. Recuperado el 25 de febrero de 2023, de

<https://www.aeade.org/hybrid-vehicle-market-analysis-industry-report-trends-size-share/>

Tabla 1 Ventas de vehículos híbridos

SEGMENTO	SEP 22	SEP 21	ENE - SEP 22	ENE - SEP 21	VARIACION SEP 22/21	VARIACION ENE - SEP 22/21
SUV	490	449	4441	2327	9%	91%
AUTOMOVIL	53	56	469	309	-5%	52%
CAMIONETA	66	2	363	13	3200%	2692%
TOTAL	609	507	5273	2649	20%	99%

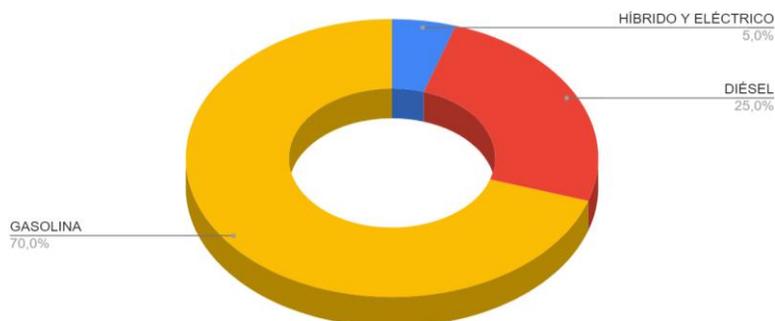
Nota: Venta de vehículos híbridos, 2021, AEADE (<https://www.aeade.net/anuario/>) CC BY 2.0

Tabla 2 Ventas de vehículos eléctricos

SEGMENTO	SEP 22	SEP 21	ENE - SEP 22	ENE - SEP 21	VARIACION SEP 22/21	VARIACION ENE - SEP 22/21
SUV	21	49	130	115	-57,14%	13,04%
AUTOMOVIL	7	6	62	51	16,67%	21,57%
CAMIONETA	15	25	35	35	-40,00%	0,00%
VAN	3	0	32	0	0,00%	0,00%
CAMION	0	0	1	0	0,00%	0,00%
TOTAL	46	80	260	201	-42,50%	29,35%

Nota: Venta de vehículos híbridos, 2021, AEADE (<https://www.aeade.net/anuario/>) CC BY 2.0

Figura 2 Participación en ventas por tipo de combustible



Nota: Venta de vehículos híbridos, 2021, AEADE (<https://www.aeade.net/anuario/>) CC BY 2.0

El propósito de introducir estos vehículos en Ecuador es reducir la contaminación y la huella de carbono, con el fin de cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Sin embargo, para lograr estos objetivos, debe haber una respuesta rápida y eficaz a los problemas relacionados con el mantenimiento y reparación de estos vehículos, en particular sus componentes críticos, como las baterías.

Los técnicos certificados que sean capaces de manejar y mantener baterías de alto voltaje, que pueden oscilar entre 200 V y 400 V en vehículos híbridos y eléctricos, son escasos en Ecuador. Esto presenta un desafío para los ingenieros del país y genera una alta demanda de conocimientos técnicos y científicos relacionados con el mantenimiento y reparación de baterías. Actualmente, cuando una batería falla, se reemplaza en su totalidad, lo que genera un alto costo para el cliente.

El cargador de baterías propuesto en esta tesis tiene como objetivo identificar las celdas defectuosas para poder reemplazar las mismas y alargar la vida útil de la batería. Estas celdas, en mal estado, pueden afectar a todo el paquete de baterías y comprometer su rendimiento y la seguridad de los ocupantes del vehículo. Por lo tanto, el diagnóstico temprano de fallas en el paquete de baterías es esencial.

El sistema de carga y descarga propuesto pretende ser robusto y capaz de detectar fallas potenciales, extender la vida útil de los paquetes de baterías y garantizar la seguridad de los pasajeros del vehículo. También se espera que tenga un impacto positivo en el medio ambiente y la economía de los propietarios de vehículos.

1.2. Planteamiento Del Problema

Las baterías de vehículos híbridos y eléctricos son un componente crítico de estos vehículos, pero pueden ser costosas y llevar mucho tiempo reemplazarlas cuando fallan. Cuando falla una batería, a menudo es necesario reemplazar todo el paquete de baterías, lo que puede resultar costoso para el propietario del vehículo y también puede contribuir a la generación de

desechos electrónicos. Además, las fallas de la batería pueden afectar el rendimiento y la seguridad del vehículo, lo cual es una preocupación para los ocupantes del automotor.

Por lo tanto, existe la necesidad de un cargador de batería híbrido que pueda identificar celdas defectuosas dentro de un paquete de batería y permitir su reemplazo en lugar del paquete completo. Tal cargador tendría el potencial de extender la vida útil de la batería, reducir los costos y los impactos ambientales asociados con el reemplazo de la misma.

1.3. Hipótesis

Esta hipótesis se probará a través de una serie de experimentos en los que el cargador de baterías híbrido propuesto se utiliza para diagnosticar y reparar paquetes de baterías de varios vehículos híbridos y eléctricos. Se espera que los resultados de estos experimentos demuestran la eficacia del cargador para extender la vida útil de la batería, reducir los costos y los impactos ambientales asociados con el reemplazo de la batería.

1.3.1. Objetivos

1.3.1.1. Objetivo General

- Desarrollar un cargador de baterías híbridas eficiente y seguro que permita identificar celdas defectuosas dentro del paquete de batería y permitir su reemplazo en lugar del paquete completo, con el fin de extender la vida útil de la batería, reducir los costos y los impactos ambientales asociados con el reemplazo de la misma.

1.3.1.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema de carga que pueda diagnosticar con precisión el estado de las celdas individuales dentro de un paquete de baterías.
- Identificar y obtener componentes adecuados para el cargador, incluidos conectores, cables y otro hardware

- Realización de pruebas y validación del cargador para garantizar que sea seguro, confiable y efectivo

1.4. Justificación

Construir un cargador de baterías para vehículos híbridos que permita identificar las celdas defectuosas y reemplazar las mismas tiene varias ventajas. Estas incluyen ahorros de costos, ya que el reemplazo del paquete de baterías puede ser costoso; beneficios ambientales, debido a que el reemplazo de la batería genera desechos electrónicos y consume recursos; rendimiento y confiabilidad mejorados, debido a que cuando las celdas están defectuosas pueden comprometer la batería y el vehículo en general; y conveniencia para los propietarios de vehículos, ya que el cargador permite el diagnóstico y la reparación sin reemplazar todo el paquete de baterías.

Un cargador de este tipo también puede promover la adopción de vehículos híbridos y eléctricos y contribuir a soluciones de transporte sostenible al abordar las preocupaciones comunes sobre el rendimiento y el mantenimiento de la batería.

1.5. Antecedentes

La historia de los vehículos híbridos y eléctricos se remonta a finales del siglo XIX, cuando se desarrollaron los primeros vehículos eléctricos. Estos vehículos anteriormente funcionaban con baterías de plomo-ácido, las cuales eran relativamente pesadas y tenían un alcance limitado. A principios del siglo XX, los vehículos a gasolina se hicieron más comunes y los vehículos eléctricos perdieron popularidad.

La era moderna de los vehículos híbridos y eléctricos comenzó en la década de 1970, cuando el aumento de los precios del petróleo y las preocupaciones sobre la contaminación del aire y el cambio climático generaron un interés renovado en los vehículos de combustible alternativo. En 1997, Toyota presentó el Prius, el primer vehículo híbrido producido en serie, que combinaba un motor de gasolina con un motor eléctrico alimentado por una batería de hidruro

metálico de níquel. Desde entonces, los vehículos híbridos y eléctricos han seguido evolucionando, con el desarrollo de nuevas tecnologías de baterías y mejoras en su rendimiento y eficiencia.

Hoy en día, los vehículos híbridos y eléctricos son cada vez más comunes, con una variedad de modelos disponibles de varios fabricantes de automóviles. Estos vehículos utilizan una gama de tecnologías de baterías, incluidas baterías de plomo-ácido, baterías de hidruro de níquel-metal y baterías de iones de litio, que ofrecen diferentes beneficios y características en términos de rendimiento, costo e impacto ambiental. A medida que la tecnología continúa avanzando, es probable que los vehículos híbridos y eléctricos sigan desempeñando un papel cada vez más importante en el sector del transporte.

El mantenimiento de las baterías de los vehículos híbridos y eléctricos es un aspecto importante para garantizar su buen funcionamiento y longevidad. Las baterías de estos vehículos suelen ser de alto voltaje, variando entre 200 V y 400 V, y son componentes críticos que juegan un papel clave en su rendimiento y eficiencia. También es importante abordar cualquier problema que surja con la batería de manera oportuna, ya sea reemplazando las celdas defectuosas o abordando otros problemas que puedan afectar su rendimiento. Las baterías de vehículos híbridos y eléctricos pueden ser costosas y llevar mucho tiempo reemplazarlas cuando fallan, por lo que existe la necesidad de un cargador de batería híbrido que pueda identificar celdas defectuosas dentro de un paquete de batería y permitir su reemplazo en lugar del paquete completo, lo que tendría el potencial de extender su vida útil y reducir los costos y el impacto ambiental asociado con su reemplazo. Las fallas de la batería también pueden afectar el rendimiento y la seguridad del vehículo, lo que es una preocupación para los ocupantes del automotor.

1.5.1. Mitos Existentes De Los Vehículos Híbridos

Años atrás, los conductores veían a los vehículos híbridos como una mezcla de comodidad y vanidad; sin embargo, en la actualidad los vehículos impulsados por gasolina y electricidad son de todo tipo. Esta prolífica oferta de autos hace que los clientes tengan muchas inquietudes, por lo que los principales temores e inquietudes del cliente en torno a este tema se analizarán a continuación.

1.5.2. Conexión Para La Carga De Un Vehículo Híbrido

Un mito común sobre los vehículos híbridos y eléctricos es que deben estar enchufados a un tomacorriente para cargar sus baterías. Si bien esto es cierto para algunos tipos de vehículos eléctricos, no es así para todos los vehículos híbridos y eléctricos.

Existen dos tipos principales de vehículos híbridos: los híbridos en paralelo y los híbridos en serie. Los híbridos en paralelo, como el Toyota Prius, cuentan con un motor de gasolina y uno eléctrico y pueden funcionar con un motor de gasolina o eléctrico, o con una combinación de ambos. Estos vehículos no necesitan estar enchufados para cargar sus baterías, ya que se cargan mediante el proceso de frenado regenerativo y el funcionamiento del motor de gasolina.

Por otro lado, los híbridos en serie, como el Chevrolet Volt, funcionan únicamente con un motor eléctrico. Estos vehículos tienen un pequeño motor de gasolina que se utiliza para generar electricidad, la cual se utiliza para cargar las baterías que alimentan el motor eléctrico. Los híbridos en serie sí necesitan estar enchufados para cargar sus baterías, pero también se pueden cargar mediante el funcionamiento del motor de gasolina.

Por último, los vehículos eléctricos, como el Tesla Model S, funcionan únicamente con un motor eléctrico y se cargan enchufando a un tomacorriente o a una estación de carga. Estos vehículos no tienen motor de gasolina y no producen emisiones de escape.

Es importante destacar que no todos los vehículos híbridos y eléctricos son iguales, y es fundamental comprender las características específicas y los requisitos de carga del vehículo que se está considerando

1.5.3. Reemplazo De Las Baterías De Vehículos Híbridos

Un mito común sobre los vehículos híbridos y eléctricos es que sus baterías deben reemplazarse con frecuencia. Aunque es cierto que eventualmente será necesario hacerlo, la vida

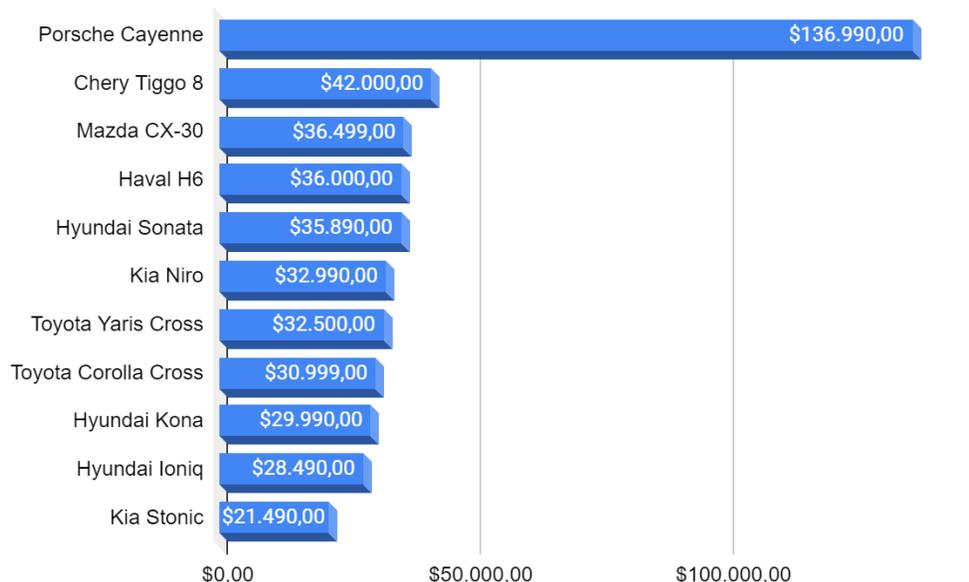
útil de las baterías ha aumentado significativamente en los últimos años debido a los avances tecnológicos.

Según la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU. (2021), la vida útil de una batería de vehículo híbrido o eléctrico depende de diversos factores, como el tipo de batería, las condiciones de funcionamiento y la forma de uso del vehículo. En general, estas baterías están diseñadas para durar muchos años, y la mayoría de los fabricantes ofrecen garantías de 8 años o más. Con el cuidado y mantenimiento adecuados, es común que las baterías de vehículos híbridos y eléctricos duren más allá de su período de garantía.

1.5.4. Costos De Los Vehículos Híbridos

Según la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU. (2021), "El precio de compra de un vehículo híbrido o eléctrico puede ser más alto que el de un vehículo similar a gasolina, pero el costo total de propiedad puede ser más bajo debido a los costos reducidos de combustible y mantenimiento de estos vehículos. Muchos vehículos híbridos y eléctricos tienen un costo total de propiedad más bajo a largo plazo, incluso si el precio de compra inicial es más alto. El costo total de propiedad incluye factores tales como costos de combustible, costos de mantenimiento y reparación, y costos de seguro y financiación. Al considerar el costo total de propiedad, en lugar de solo el precio de compra inicial, los compradores pueden comprender mejor el impacto financiero a largo plazo de su elección de vehículo". En la figura 3, se puede observar los costos de vehículos híbridos en Ecuador.

Figura 3 *Costos de vehículos híbridos en Ecuador*



1.5.5. *Tamaño Y Potencia De Los Vehículos Híbridos*

El tamaño y la potencia de los vehículos híbridos varían significativamente según el modelo y la marca específicos. Algunos vehículos híbridos, como el Toyota Prius, son más pequeños y menos potentes que algunos vehículos de gasolina, mientras que otros, como el Toyota Highlander Hybrid, son más grandes y potentes.

Por lo general, los vehículos híbridos combinan un motor de gasolina con un motor eléctrico. El tamaño del motor de gasolina y el motor eléctrico, así como el tamaño de la batería y otros componentes, pueden afectar el tamaño y la potencia general del vehículo híbrido.

Los vehículos híbridos pueden ofrecer una variedad de características de rendimiento, según el diseño y la configuración específicos del vehículo. Algunos vehículos híbridos están diseñados para priorizar la eficiencia del combustible, mientras que otros están diseñados para brindar más potencia y aceleración. Además, los vehículos híbridos también pueden ofrecer una gama de modos de conducción, que permiten al conductor elegir entre diferentes características de

rendimiento según las condiciones de conducción y el equilibrio deseado entre eficiencia de combustible y potencia.

En Ecuador, se comercializan dos vehículos híbridos con dimensiones y características similares: el Kia Niro y el Hyundai Ioniq. Sin embargo, hay algunas diferencias notables entre ellos.

En cuanto a su tamaño, el Kia Niro es un SUV compacto, mientras que el Hyundai Ioniq es un sedán compacto. El Niro es ligeramente más alto y más largo que el Ioniq, lo que proporciona más espacio interior y una mayor capacidad de carga. Por otro lado, el Ioniq es más bajo y más aerodinámico, lo que resulta en una mejor eficiencia de combustible.

En cuanto a la eficiencia de combustible, el Hyundai Ioniq tiene una ventaja sobre el Kia Niro, ya que tiene una calificación combinada de economía de combustible de alrededor de 58 millas por galón (mpg), mientras que el Niro tiene una calificación combinada de economía de combustible de alrededor de 50 mpg. Esto se debe en parte al diseño aerodinámico del Ioniq, así como a su sistema de propulsión híbrido más avanzado.

En cuanto a características, ambos vehículos tienen características similares, como sistemas de infoentretenimiento avanzados, sistemas de seguridad activa y pasiva y opciones de conectividad para dispositivos móviles. Sin embargo, el Ioniq tiene algunas características que el Niro no tiene, como la opción de un techo solar panorámico y un sistema de sonido premium.

En resumen, el Kia Niro y el Hyundai Ioniq son dos vehículos híbridos con dimensiones y características similares, pero con diferencias notables en términos de eficiencia de combustible y características. Como se puede observar en la tabla 3, el Niro es un SUV compacto con más espacio interior, mientras que el Ioniq es un sedán más aerodinámico con una mejor eficiencia de combustible y algunas características adicionales.

Tabla 3 Comparación de vehículos híbridos

Vehículo	Kia Niro	Hyundai Ionic
Combustible	Gasolina - Electrico	Gasolina - Electrico
	a	a
Cilindrada	1598cc	1600cc
	x	a
Potencia	139 / 5700 hp/rpm	141/5700 hp/rpm
	x	a
Torque	147/4000 Nm/rpm	247/4000 Nm/rpm
	x	a
Alimentación	Inyección directa	Inyección directa
	a	a
Cilindros	4 en linea	4 en linea
	a	a
Valvulas	16 valvulas	16 valvulas
	a	a

1.6. Marco Teórico

Este capítulo ofrece una visión general de los componentes y sistemas electrónicos que componen un vehículo híbrido y examina los detalles técnicos de estos sistemas. El objetivo de esta sección del proyecto de tesis es examinar y analizar los sistemas electrónicos y la tecnología que se utilizan en los vehículos híbridos.

1.6.1. Normativas Sobre Cargadores De Baterías Híbridas

Las normativas que rigen los cargadores de baterías híbridas varían según el país o región, así como el tipo de vehículo híbrido. Entre las normas que se aplican en diferentes lugares del mundo, se destacan las siguientes:

- Normas de seguridad eléctrica: Los cargadores deben cumplir con las normas de seguridad eléctrica vigentes en el país o región donde se utilizan. Por ejemplo, en Europa se aplican la Directiva de Baja Tensión y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética.

- Estándares de eficiencia energética: Algunos países establecen normas de eficiencia energética para garantizar que los cargadores consuman la menor cantidad de energía posible durante la carga.
- Compatibilidad con el vehículo: Los cargadores deben ser compatibles con el tipo de batería y el sistema eléctrico del vehículo híbrido para evitar daños y asegurar una carga correcta.
- Normas de etiquetado y documentación: En algunos países, los cargadores deben llevar etiquetas con información sobre su potencia, voltaje, corriente y otras especificaciones técnicas relevantes. Además, deben venir con documentación que explique cómo utilizarlos de manera segura y eficiente.

Es importante revisar las normativas específicas en cada país o región para garantizar el cumplimiento de las regulaciones locales.

1.6.2. Vehículos Híbridos

Los vehículos híbridos y eléctricos dependen de baterías que almacenan y liberan energía eléctrica para alimentar el motor. Estas baterías se cargan a través de frenado regenerativo y el motor de gasolina. Los vehículos híbridos pueden utilizar distintos tipos de baterías, como las de níquel-hidruro metal, iones de litio y plomo-ácido. La elección de la batería depende de los requisitos específicos del vehículo. Aunque están diseñadas para ser duraderas y fiables, el rendimiento de las baterías puede degradarse con el tiempo debido a factores como la edad, la temperatura y los patrones de carga y descarga.

Para prolongar la vida útil y mantener el rendimiento de la batería, se requiere un mantenimiento adecuado. Los investigadores están trabajando continuamente para mejorar la tecnología de las baterías, lo que incluye el desarrollo de nuevas composiciones químicas, la mejora de los sistemas de gestión de baterías y el aumento de la densidad de energía. Estas mejoras buscan mejorar el rendimiento, la eficiencia y reducir el costo de los vehículos híbridos.

1.6.3. *Generaciones De Las Baterías*

Según Gomez y Lopez (2020), existen diferentes tipos de baterías que se utilizan en vehículos híbridos.

- La primera generación de baterías utilizadas en vehículos híbridos eran típicamente baterías de hidruro metálico de níquel (NiMH) (Autor/es, año). Estas baterías se introdujeron por primera vez a finales de la década de 1990 en el Toyota Prius, el primer vehículo híbrido producido en masa. Tienen una densidad de energía relativamente baja de alrededor de 40-60 Wh/kg y un alto costo, pero tienen la ventaja de ser relativamente estables y duraderos. Sin embargo, su capacidad se desvanece significativamente con el tiempo y tienen un número limitado de ciclos de carga y descarga

Figura 4 *Primera generación de batería híbrida*



- **Baterías de segunda generación:** La segunda generación de baterías para vehículos híbridos se caracteriza por el uso de baterías de iones de litio (Li-ion), que tienen una mayor densidad de energía y un menor costo que las baterías de NiMH. Las baterías de iones de litio tienen una densidad de energía de alrededor de 150-200 Wh/kg, que es de 3 a 5 veces mayor que la de las baterías de NiMH. También tienen un ciclo de vida más largo, con una mayor cantidad de ciclos de carga y descarga

antes de que la capacidad se desvanezca. Además, las baterías de iones de litio son más compactas y livianas, lo que las convierte en una buena opción para los vehículos híbridos. Las baterías de iones de litio son actualmente el tipo de batería más común utilizado en vehículos híbridos y eléctricos.

Figura 5 Segunda generación de batería híbrida



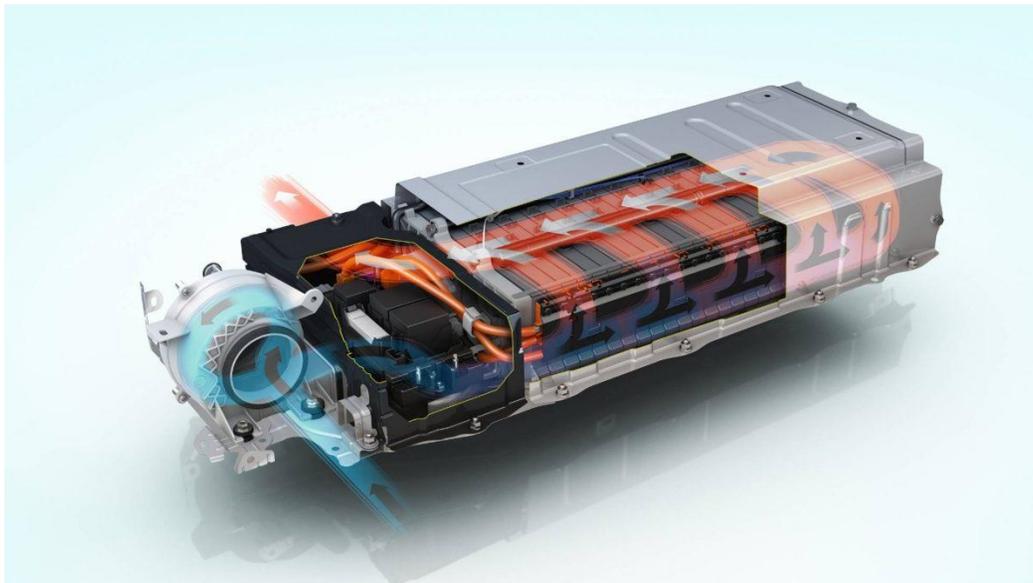
- Baterías de tercera generación: Actualmente, se están desarrollando las baterías de tercera generación híbridas, siendo las más prometedoras las baterías de litio-azufre (Li-S) y las baterías de litio-aire (Li-Air). Ambas opciones tienen el potencial de ofrecer una densidad de energía significativamente más alta que las baterías de iones de litio. En concreto, las baterías de Li-S tienen una densidad de energía de alrededor de 400-600 Wh/kg, mientras que las baterías de Li-Air tienen una densidad de energía de alrededor de 1000-2000 Wh/kg, lo que supone un aumento del doble o triple en comparación con las baterías de iones de litio. Esto significa que estas baterías permitirían a los vehículos híbridos tener un alcance mucho mayor y reducirían el tamaño y peso de las baterías necesarias. No obstante, estas baterías se encuentran aún en las primeras etapas de investigación y desarrollo, por lo que pasarán algunos años hasta que estén disponibles comercialmente. Además, Li-S y Li-Air presentan sus propios desafíos, como la estabilidad y seguridad del ciclo (Huang et al., 2021).

Figura 6 Tercera generación de batería híbrida



- **Baterías de Cuarta Generación:** La cuarta generación de baterías para vehículos híbridos que se está investigando son las baterías de estado sólido, que se consideran un reemplazo potencial para las baterías de iones de litio actuales. Las baterías de estado sólido tienen una mayor densidad de energía que las baterías de iones de litio, lo que podría aumentar la autonomía de los vehículos híbridos. También tienen la ventaja de ser más estables y menos inflamables, lo que los hace más seguros de usar. Además, las baterías de estado sólido tienen un tiempo de carga más rápido, lo que significa que se pueden recargar en menos tiempo. Sin embargo, todavía se encuentran en las primeras etapas de investigación y desarrollo, por lo que llevará algún tiempo antes de que estén disponibles para uso comercial.

Figura 7 Cuarta generación de batería híbrida



Es importante destacar que todas estas baterías están sujetas a una continua investigación y desarrollo, y nuevos avances pueden llevar a mejoras adicionales en la densidad de energía, el costo y la seguridad en el futuro. Además, también depende de la empresa y del investigador, ya que algunos pueden tener una clasificación diferente.

1.6.4. Baterías De Hidruro Metálico De Níquel

En este apartado hablaremos sobre las baterías de hidruro metálico de níquel, ya que son las baterías que utilizaremos para probar el cargador de baterías desarrollado. Las baterías de hidruro metálico de níquel (NiMH) son un tipo de batería recargable que utiliza hidróxido de óxido de níquel y una aleación de metal como electrodos. Se introdujeron por primera vez como un producto comercial a fines de la década de 1990 y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluidos vehículos híbridos y eléctricos, electrónica de consumo y sistemas de energía renovable. Las baterías de NiMH tienen varias ventajas sobre otros tipos de baterías, tales como tener una densidad de energía relativamente alta, típicamente alrededor de 40-60 Wh/kg, más alta que las baterías de níquel-cadmio (NiCd) pero más baja que las baterías de iones de litio, no contener el cadmio metálico tóxico que está presente en las baterías de NiCd, y tener una vida útil

relativamente larga, siendo posible cargarlas y descargarlas muchas veces antes de que se agote su capacidad.

No obstante, las baterías de NiMH también presentan algunas desventajas. Por ejemplo, son relativamente caras de producir, lo que las convierte en una buena opción para vehículos con un rango bajo. Además, tienen una densidad de energía relativamente baja, lo que significa que no pueden entregar tanta energía como otros tipos de baterías, como las baterías de iones de litio. Asimismo, son relativamente grandes y pesadas, lo que las hace menos adecuadas para algunas aplicaciones, como los dispositivos electrónicos portátiles.

A pesar de las ventajas y desventajas, las baterías NiMH fueron las primeras en comercializarse en vehículos híbridos, como el Toyota Prius y el Honda Insight, y también se pueden utilizar en otras aplicaciones donde se necesita una batería menos potente y de mayor duración.

1.6.5. Métodos Para Determinar Una Celda Defectuosa

Hay varios métodos que se pueden usar para identificar las celdas dañadas en los paquetes de baterías de vehículos híbridos. Estos métodos incluyen:

- **Medición de voltaje:** uno de los métodos más comunes para identificar celdas dañadas en paquetes de baterías es medir el voltaje de cada celda individual en el paquete. Si el voltaje de una celda es significativamente más bajo que el de las demás, es probable que la celda esté dañada.
- **Medición de la resistencia:** otro método para identificar las celdas dañadas es medir la resistencia interna de cada celda del paquete. Una celda dañada normalmente tendrá una resistencia interna más alta que una celda sana, lo que se puede detectar midiendo la caída de voltaje a través de la celda cuando pasa una corriente a través de ella.

- **Medición de impedancia:** la medición de impedancia es otra forma de identificar células dañadas. Esta prueba mide la resistencia y la reactancia de una celda. Las células dañadas suelen tener una impedancia más alta que las células sanas.
- **Medición de la temperatura:** la medición de la temperatura también es un método para comprobar si hay celdas dañadas en un paquete de baterías; se pueden usar imágenes térmicas para tomar la temperatura de cada celda del paquete. Las células dañadas normalmente tendrán una temperatura más alta que las células sanas del paquete.
- **Medición de corriente:** monitorear la corriente que entra y sale del paquete de baterías también puede revelar celdas dañadas. Es probable que una celda dañada tenga una firma actual más baja o diferente que las otras celdas del paquete.
- **Inspección visual:** una inspección visual también puede revelar que las células dañadas, las células hinchadas o con fugas son un signo claro de daño.

2. Capítulo II

2.1. Determinación De Parámetros De Funcionamiento Del Equipo De Diagnóstico

Al determinar los parámetros de operación de los equipos de diagnóstico para identificar celdas dañadas en baterías híbridas, es importante considerar las pruebas que se realizan, ya sea a bordo del vehículo o fuera de él. Además, es esencial tener en cuenta el voltaje de operación de las baterías y su número de celdas, los cuales pueden afectar su voltaje, así como el tiempo de descarga en funciones normales y exigentes. También es importante seguir los procedimientos y pautas de seguridad durante la realización de las pruebas para evitar riesgos y garantizar la seguridad del operador y del equipo. Por último, se debe tener en cuenta la tecnología de la batería que se está probando, ya que los diferentes tipos de baterías tienen características distintas y pueden requerir protocolos específicos.

2.1.1. Prueba de estado de la batería

La batería es un componente crucial dentro de un vehículo, por lo tanto, es necesario realizar pruebas para determinar su estado. Esto se hace a través de un proceso técnico en el que se indican los métodos de prueba a seguir para llegar a un diagnóstico. El plan de pruebas consiste en:

- Análisis a bordo
- Análisis externo
- Determinación de la carga recibida por los paquetes de baterías
- Tiempo de descarga de las células.

Para determinar el estado de carga de la batería, el primer paso es consultar sus datos técnicos a través de la ficha técnica del vehículo. Luego, mediante el escáner, accedemos a los datos de la unidad de control electrónico (ECU) del automóvil. Estos datos se mostrarán en la pantalla principal del escáner y su interfaz mostrará los códigos de falla en caso de que el automóvil tenga algún defecto. En caso contrario, entraremos en la opción de sistema híbrido. Luego, nos

conectaremos a la computadora de la batería, y en esta nueva interfaz, podremos observar la carga de la batería, que se indica por un voltaje. Este voltaje dependerá del vehículo en el que estemos realizando la prueba. Además, tendremos la opción de verificar el voltaje de cada paquete de baterías.

De acuerdo con los voltajes que nos indique cada uno de los paquetes, podremos interpretar su correcto funcionamiento, y así obtendremos información para realizar una tabla comparativa entre celdas. Uno de los datos que se obtienen es el SOC o estado de carga de la batería, que se utiliza para determinar el estado de salud del almacenamiento de energía. Con estos datos, podemos ver cuánta energía hay almacenada en la batería y compararla con el valor nominal para determinar si la batería funciona correctamente o tiene algún defecto. Es importante tener el SOC dentro de los valores óptimos para mantener un buen rendimiento y alargar la vida de la batería.

2.1.2. Pruebas a bordo del vehículo

La realización de pruebas en la batería de alto voltaje de un vehículo híbrido es esencial para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Es por ello que es fundamental contar con los equipos e instrumentos necesarios para obtener los parámetros requeridos para la construcción de un analizador de celdas de batería de vehículos híbridos.

Para llevar a cabo un diagnóstico técnico adecuado, es importante recopilar información precisa y detallada sobre el funcionamiento de la batería. Esto puede lograrse mediante la instalación de un escáner para la lectura de códigos, el cual proporciona información valiosa sobre el SOC (State of Charge) o estado de carga de la batería, el voltaje de cada una de las celdas y el amperaje de consumo de cada elemento en función.

Además de esta prueba, existen otras evaluaciones importantes que se deben llevar a cabo para determinar el estado de la batería. Estas incluyen pruebas de carga, descarga, resistencia interna, temperatura y envejecimiento. Cada una de estas pruebas es esencial para obtener una visión completa del rendimiento de la batería y tomar decisiones informadas en caso de requerir algún tipo de mantenimiento o reparación. Es importante recordar que las pruebas deben ser

llevadas a cabo por técnicos capacitados y utilizando los equipos y herramientas adecuadas, ya que el manejo incorrecto de la batería de alta voltaje puede ser peligroso.

2.1.3. Procedimiento

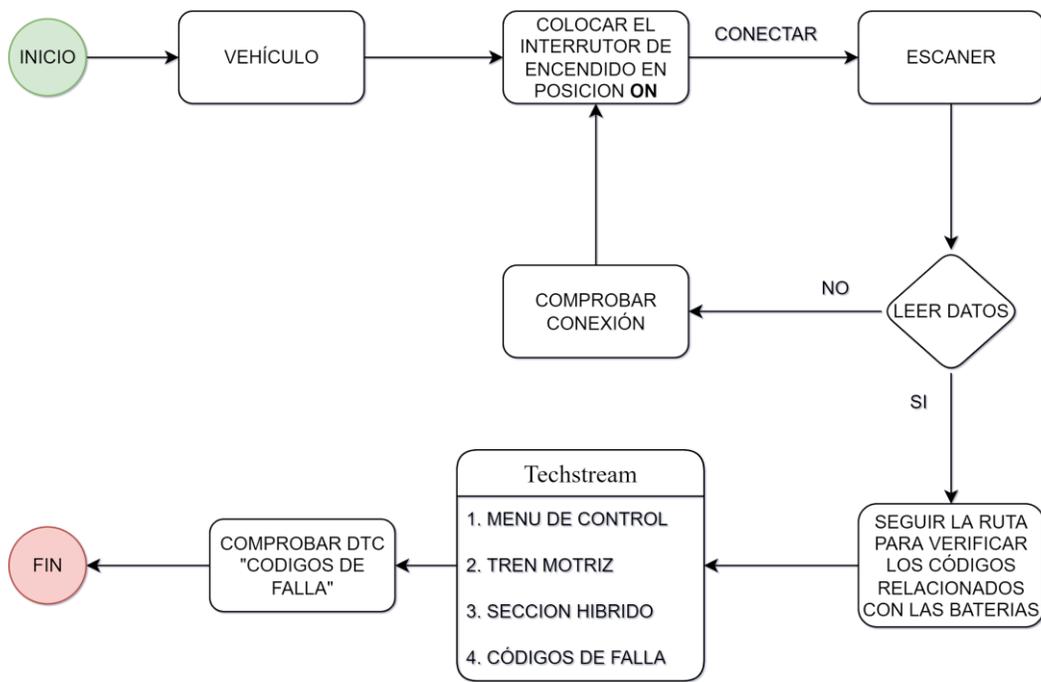
Para iniciar un vehículo híbrido, es necesario presionar el botón de encendido con el pedal de freno pisado hasta que el auto cambie a estado "READY". Luego, se procede a revisar todos los componentes del vehículo que puedan presentar algún tipo de diagnóstico de falla, utilizando el equipo adecuado. En la pantalla principal del sistema VH se indican los principales parámetros del sistema, y con el escáner se obtienen los valores reales del vehículo como se puede observar en la imagen 8.

Figura 8 Datos obtenidos del escáner

Parameter	Value	Unit	Parameter	Value	Unit
Engine Coolant Temp	185	F	Battery Block Vol -V01	16.34	V
Engine Revolution	960	rpm	Battery Block Vol -V02	16.33	V
Vehicle Spd	55	MPH	Battery Block Vol -V03	16.22	V
Engine Run Time	540	s	Battery Block Vol -V04	16.21	V
+B	13.690	V	Battery Block Vol -V05	16.24	V
DTC Clear Warm Up	8		Battery Block Vol -V06	16.29	V
DTC Clear Run Distance	214	mile	Battery Block Vol -V07	16.19	V
DTC Clear Min	409	min	Battery Block Vol -V08	16.24	V
MIL on Engine Run Time	0	min	Battery Block Vol -V09	16.32	V
MIL Status	OFF		Battery Block Vol -V10	16.31	V
Mileage after Malfunc	0	mile	Battery Block Vol -V11	16.23	V
Battery State of Charge	60.0	%	Battery Block Vol -V12	16.26	V
Data SOC	0.0	%	Battery Block Vol -V13	16.24	V
Batt Pack Current Val	12.04	A	Battery Block Vol -V14	16.36	V
Remaining Air Temp	84.2	F	Internal Resistance R01	0.027	ohm
VMF Fan Motor Voltage	0.0	V	Internal Resistance R02	0.026	ohm
Auxiliary Battery Vol	13.6	V	Internal Resistance R03	0.026	ohm
Charge Control Val	-25.0	KW	Internal Resistance R04	0.028	ohm
Discharge Control Val	21.0	KW	Internal Resistance R05	0.026	ohm
Cooling Fan Mode	0		Internal Resistance R06	0.027	ohm
ECU Control Mode	0		Internal Resistance R07	0.026	ohm
Charge Control Signal	ON		Internal Resistance R08	0.027	ohm
Equal Charge Out Rly Sig	OFF		Internal Resistance R09	0.026	ohm
EQTR Charge Perm Sig	OFF		Internal Resistance R10	0.027	ohm
Standby Blower Request	OFF		Internal Resistance R11	0.027	ohm
Temp of Batt TB1	91.6	F	Internal Resistance R12	0.027	ohm
Temp of Batt TB2	95.7	F	Internal Resistance R13	0.028	ohm
Temp of Batt TB3	93.0	F	Internal Resistance R14	0.027	ohm
Battery Block Num	14		Battery Low Time	0	
Batt Block Minimum Vol	16.21	V	DC Inhibit Time	0	
Minimum Batt Block No	12		Battery too High Time	0	
Batt Block Max Vol	16.33	V	Hot Temperature Time	0	
Max Battery Block No	1		Compliance Regulation	OB02	

Además, para llevar a cabo la verificación se deben seguir los pasos detallados en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 9. Es importante destacar que es necesario contar con los conocimientos y habilidades necesarias para realizar estas pruebas, ya que de lo contrario se puede generar un riesgo para la seguridad del vehículo y sus ocupantes.

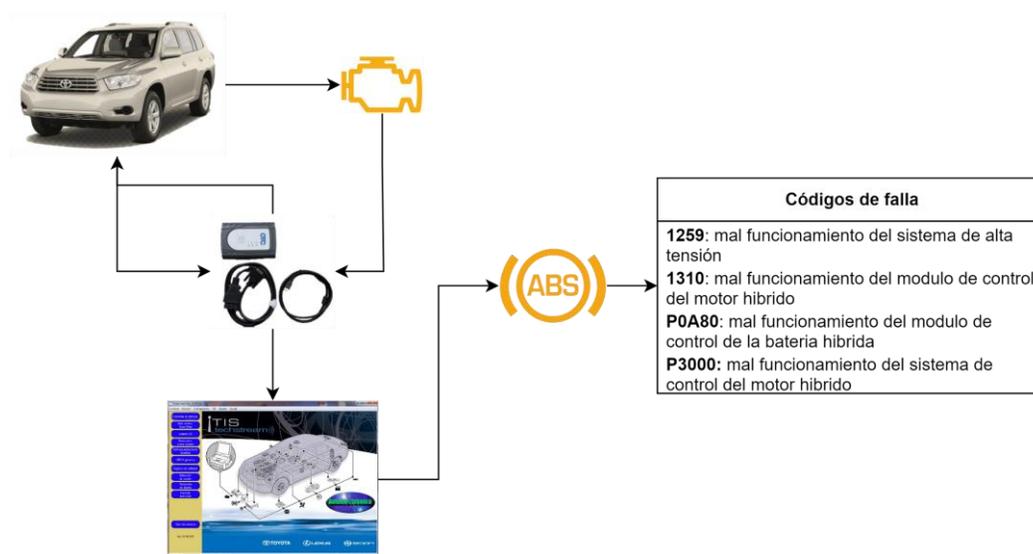
Figura 9 Diagrama de flujo para diagnóstico



2.2. Diagnóstico de falla en un vehículo Toyota highlander

Iniciamos el diagnóstico revisando los códigos de falla del motor (check engine), ya que estos están estrechamente relacionados con el estado de la batería híbrida. Es importante tenerlos en cuenta durante el diagnóstico. A continuación, revisamos el sistema ABS y el scanner muestra un problema de regeneración del sistema de control HV con el código de falla 1259. Aunque este no es un código específico de ABS, está relacionado con la batería. Además, se detectó otro código común, el 1310. Entre los códigos de falla más frecuentes se encuentra el P0A80, que indica la necesidad de reemplazar el paquete de batería híbrida, y el P3000, que indica la necesidad de verificar el sistema de control de la batería. El paso a paso para verificar los códigos de falla se puede observar en la figura 10.

Figura 10 Diagrama de flujo para diagnóstico Toyota highlander



Los códigos de falla contienen subcódigos que nos ayudan a entender mejor el problema, lo que permite determinar las causas probables y las soluciones. Estos subcódigos son una herramienta valiosa para minimizar el margen de error al momento de llegar a un diagnóstico. Al utilizar estos códigos, podemos ver los valores y el número de packs de baterías que se encuentran en mal estado.

Se procede a la comprobación de las baterías mediante un scanner conectado, observando los voltajes de cada pack en la pantalla. Se realiza una descarga preparando el vehículo colocando en posición neutral (N) para evitar el encendido del motor de combustión interna y poder verificar la caída de tensión en función de los accesorios encendidos. Por lo general, las celdas de la batería que se encuentran en la parte central sufren más debido a la falta de refrigeración. En la tabla 4 se muestra la información obtenida mediante el escáner.

Tabla 4 *Valores de voltaje obtenidos*

Parámetro	Valor	Unidad
Batería celda V01	19.09	V
Batería celda V02	18.67	V
Batería celda V03	17.72	V
Batería celda V04	15.77	V
Batería celda V05	18.64	V
Batería celda V06	19.09	V
Batería celda V07	19.25	V
Batería celda V08	19.03	V
Batería celda V09	19.03	V
Batería celda V10	19.03	V
Batería celda V11	19.06	V
Batería celda V12	19.12	V
Batería celda V13	19.12	V
Batería celda V14	18.99	V
Batería celda V15	19.19	V
Temperatura de batería	90.1	°F

Para verificar el estado de cada pack de batería, se debe tener en cuenta el voltaje. Una batería en buen estado debe marcar 19,25 voltios, mientras que una en mal estado puede caer a 15,77 voltios. Para comprobar el estado de las baterías, se debe colocar la palanca en posición parking (P) y encender el vehículo para cargar las baterías. Sin embargo, para asegurar una comprobación precisa, es necesario encender el aire acondicionado y mover la dirección del vehículo para consumir la batería híbrida. Posteriormente, se debe colocar la palanca en posición (P) y dejar que las baterías se descarguen por completo, lo que indicará si hay celdas defectuosas. En caso de que el vehículo no encienda debido a la falta de energía, se debe cargar manualmente la batería con un cargador exclusivo para baterías híbridas.

Para realizar esta prueba, es necesario encender el motor de combustión. Con el escáner, se observa el SOC (estado de carga) para calcular el estado de la batería. El proceso consiste en verificar el nivel de SOC al apagar el motor de combustión, utilizando un cronómetro para medir el tiempo de encendido del motor. Con estos datos, se calcula la variación del SOC en porcentaje, que es un factor para determinar el estado de vida de la batería. Además, se utiliza información del

Power Resource IB en amperios, obtenida mediante el escáner, y el tiempo cronometrado en minutos y segundos.

2.3. Fórmulas para obtener el estado de una batería de un vehículo híbrido

Según Li, Wang y Li (2018), se presenta un método de estimación integral del estado de carga para baterías de vehículos eléctricos híbridos en el Journal of Power Sources, en donde se menciona que para calcular el estado de una batería híbrida en un vehículo, se utiliza la relación entre la capacidad de la batería y su capacidad nominal. Esto se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (1):

$$\text{Estado de la batería}(\%) = \frac{\text{Capacidad actual de la batería}}{\text{Capacidad nominal de la batería}} * 100.$$

(1)

La capacidad nominal de una batería: se refiere a la cantidad de energía que la batería fue diseñada para almacenar cuando está completamente cargada. Esta cantidad se especifica en los datos técnicos del fabricante y suele medirse en amperios-hora (Ah).

La capacidad actual estimada: se refiere a la cantidad de energía que se ha extraído de la batería durante un ciclo de descarga específico. Este valor se puede utilizar para determinar el estado de salud de la batería, comparar diferentes baterías, o calcular el tiempo de vida útil restante de una batería. La fórmula específica puede variar dependiendo del tipo de batería y del sistema de medición utilizado, pero en general se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad estimada (Ah)} = \frac{ID * t}{\Delta SOC * 100} \quad (2)$$

Donde:

- **ID** es la corriente de descarga de la batería, medida en amperios (A)

- t es el tiempo de descarga, medido en minutos (min)
- ΔSOC es el cambio en el estado de carga de la batería, medido como un porcentaje (%).

Es recomendable realizar varias mediciones para obtener una capacidad promedio, ya que la capacidad estimada puede variar dependiendo de las condiciones de carga y descarga. Además, es crucial medir con precisión los valores de ID y ΔSOC para obtener una capacidad estimada precisa

La variación del estado de carga (SOC) de una batería híbrida en un vehículo: puede ser calculada comparando el SOC cuando el motor de combustión interna (MCI) está encendido (ON) con el SOC cuando el MCI está apagado (OFF). La fórmula para calcular esta variación es:

$$\Delta SOC = SOC_{MCI\ ON} - SOC_{MCI\ OFF} \quad (3)$$

Donde:

- **SOC MCI ON:** Cuando el motor de combustión interna (MCI) está encendido (ON) en un vehículo híbrido, el sistema de control de la batería asegurará que el SOC se mantenga en un rango específico. Esto se debe a que el MCI se utiliza como un generador para cargar la batería cuando está baja, y también se utiliza para ayudar a mover el vehículo cuando la batería está baja.
- **SOC** específico cuando el MCI está encendido puede variar dependiendo del modelo de vehículo, el sistema de control de la batería, y el uso del vehículo. En general, el SOC se mantendrá en un rango entre el 20-30%. Esto ayudará a garantizar que la batería tenga suficiente energía para mover el vehículo y al mismo tiempo se esté cargando.
- **SOC MCI OFF:** El SOC específico cuando el MCI está apagado puede variar dependiendo del modelo de vehículo, el sistema de control de la batería, y el uso del vehículo. En

general, el SOC se mantendrá en un rango entre el 60-80%. Esto ayudará a garantizar que la batería tenga suficiente energía para mover el vehículo en modo eléctrico.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el SOC de una batería no debe permitirse descargarse por completo, ya que esto puede dañar permanentemente la batería. Por lo tanto, el sistema de control de la batería monitorizará el SOC y activará el MCI si es necesario para cargar la batería.

El resultado de esta fórmula es un porcentaje que indica el cambio en el estado de carga de la batería entre cuando el motor de combustión interna está encendido y apagado. Una variación positiva indica un aumento en el estado de carga cuando el MCI está apagado, mientras que una variación negativa indica una disminución en el estado de carga cuando el MCI está apagado.

Un artículo interesante sobre el cálculo del estado de salud de una batería es "A review of battery state-of-charge estimation methods" de Y. Gu, S. D. Sudhoff, and L. C. W. Leung, publicado en la revista "Renewable and Sustainable Energy Reviews" en 2016.

En esta revisión, los autores proporcionan una descripción detallada de los diferentes métodos utilizados para estimar el estado de carga de una batería, incluyendo métodos basados en voltaje, corriente, termistor y modelado matemático. También discuten las ventajas y desventajas de cada método y su aplicabilidad en diferentes sistemas y condiciones.

2.4. Ejemplo de aplicación del análisis del estado de la batería de un vehículo Highlander

Para un mejor entendimiento de la aplicación de las fórmulas mencionadas en los párrafos anteriores se realizará un ejemplo con un Toyota Highlander 2010 con datos obtenidos mediante escáner.

Tabla 5 Datos de entrada escáner

Datos de entrada obtenidos con el escáner				
TD(Tiempo de descarga)	8	minutos	56	segundos
ID(Corriente de descarga)	1.88	A		
SOC MCI ON	39.96	%		
SOC MCI OFF	45.6	%		
Capacidad nominal	6.5	A/h		

Se utiliza la ecuación 1, 2 y 3 mencionada en los párrafos anteriores dándonos los siguientes resultados:

Tabla 6 Datos de entrada con formulas

Datos de entrada obtenidos con las fórmulas				
TD(Tiempo de descarga)	8.93	minutos		
Delta SOC(ecuación 3)	5.64	%		
Capacidad estimada (ecuación 2)	4.96	A/h		
Estado de la batería(ecuación 1)	76.31	%		

Según G. Smith (2019), "un 76% de estado de salud de la batería indica que esta funciona al 76% de su capacidad nominal" (p. 42). Esto puede sugerir que la batería se encuentra en un proceso de deterioro y es probable que necesite ser reemplazada pronto. No obstante, es importante tener en cuenta que existen varios factores que pueden afectar la capacidad de una batería, como el uso, la edad y las condiciones ambientales, por lo que también es fundamental considerar estos aspectos al evaluar el estado de salud de la batería.

2.4.1. Pruebas fuera del vehículo

Es importante tener en cuenta las normas de seguridad al momento de realizar pruebas en vehículos híbridos debido al alto voltaje que se maneja en ellos. Según Huang, Zhou y Cui (2018), para garantizar la seguridad del personal encargado de realizar las pruebas, es necesario utilizar equipos especiales que previenen lesiones al momento de manipular o desmontar la batería híbrida.

Entre los equipos de seguridad personal que se deben utilizar para el desmontaje del acumulador de energía se encuentran: guantes de alta tensión, gafas de seguridad, zapatos especiales diseñados para trabajar con voltajes altos y una mascarilla para proteger las vías respiratorias. Es importante seguir estas medidas para garantizar la seguridad de los trabajadores y evitar accidentes.

Figura 11 *Guantes de alto voltaje*



En primer lugar, es necesario determinar la ubicación de la batería en el vehículo específico en el que se va a realizar el desmontaje. Por ejemplo, en un Toyota Highlander, se deben retirar los asientos posteriores, desconectar el fusible de seguridad y esperar al menos 10 minutos o más para que el capacitor de alto voltaje se descargue.

Una vez que se ha esperado el tiempo suficiente, se procede al desmontaje de la batería con precaución, ya que aún puede tener carga. Se retiran los pernos de sujeción, se desconectan los conectores que van hacia el computador de la batería híbrida y se desmontan los ventiladores. De esta manera, se procede al desmontaje del acumulador de energía, ya sea en partes o en conjunto.

El primer análisis que se realiza es una revisión visual de los packs de baterías para detectar cualquier tipo de desperfecto o deformación. Es importante tener en cuenta que puede haber

corrosión en los contactos o sulfatos en las plaquetas, lo que puede afectar el rendimiento de la batería. Por ejemplo, una batería puede presentar un estado de deterioro como el mostrado en la imagen adjunta.

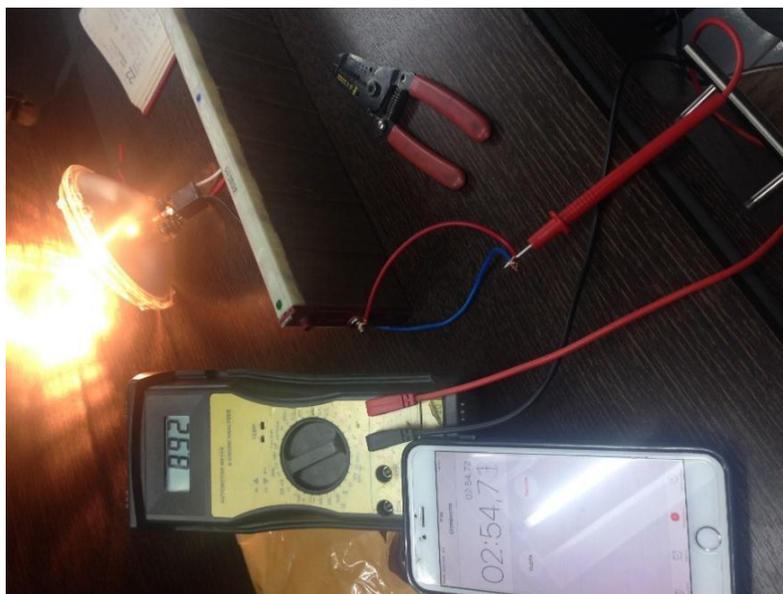
Figura 12 *Celda en mal estado*



Para evitar errores durante el proceso de desmontaje, es recomendable enumerar las celdas de acuerdo a su posición, comenzando con el número uno, que se encuentra en el lado más cercano del fusible de seguridad. De esta manera, se podrá identificar rápidamente cualquier celda crítica o defectuosa durante el proceso de desacoplamiento del paquete de celdas.

Antes de iniciar cualquier prueba en las baterías híbridas, es esencial asegurarse de que estén completamente descargadas. Esto se logra mediante el uso de un dispositivo conocido como "consumidor". El consumidor está diseñado para medir tanto el voltaje como el amperaje de las baterías, y asegurarse de que todas las celdas estén completamente descargadas antes de continuar con las pruebas. De esta manera, se garantiza que los resultados obtenidos sean precisos y confiables, y se puedan analizar de manera adecuada para determinar el estado de salud de las baterías. Es importante tener en cuenta que el uso de un consumidor es esencial para asegurar la seguridad del personal y evitar daños en las baterías.

Figura 13 Voltaje de celda descargada



2.5. Prueba de carga

Garantizar los implementos de seguridad al manipular baterías de alto voltaje. Es esencial verificar que el voltaje nominal se encuentra dentro de los parámetros específicos del vehículo, como el caso del Toyota Prius con 201 voltios o el Highlander con 288 voltios. Cualquier desviación del voltaje nominal puede representar un riesgo para la seguridad y el correcto funcionamiento de la batería.

Además, se debe monitorear el nivel de carga de la batería, ya sea mediante los mensajes de advertencia en los monitores de información o mediante un control de tiempo para determinar la recuperación de la batería. Es importante conocer el estado de la batería para evitar problemas en su rendimiento y evitar daños.

Por último, se recomienda utilizar un escáner para observar si el amperaje es negativo, lo que indica que la batería está recibiendo carga mientras el motor de combustión está en funcionamiento, proporcionando información valiosa sobre su rendimiento y capacidad para proporcionar energía al vehículo. En resumen, es crucial seguir estos pasos para garantizar la seguridad y correcto funcionamiento de la batería de alto voltaje.

La carga de la batería híbrida se realiza a través del circuito eléctrico conectado a 110 VAC. El circuito incluye un puente rectificador que convierte la corriente alterna en continua, un condensador de filtrado, un amperímetro con un foco halógeno para limitar la corriente y un diodo de protección.

Figura 14 Banco de carga de baterías híbridas



2.6. Prueba de descarga

La descarga de la batería en un vehículo híbrido está directamente relacionada con el consumo de energía en el vehículo. La prueba de descarga de la batería puede realizarse a bordo del vehículo mediante el uso de un escáner y simulando el consumo con accesorios como el aire acondicionado, la dirección asistida, el radio y las luces. Es importante asegurar que el estado de carga y los voltajes de la batería estén funcionando correctamente, y que el motor de combustión interna (MCI) se encienda de acuerdo al estado de carga (SOC). En caso de un bajo nivel de carga, la batería será cargada por el motor generador uno (MG1).

Además, también se pueden realizar pruebas de descarga fuera del vehículo, desmontando la batería de manera técnica para evitar daños en los componentes. La descarga se realiza a través de tres interruptores que controlan seis focos halógenos conectados en paralelo, tres condensadores en paralelo y un amperímetro para medir la corriente de descarga. Una vez que la batería esté completamente descargada, se procederá a cargar los paquetes de baterías con dos amperios durante una hora, utilizando el cargador construido.

3. Capítulo III

3.1. Selección de los elementos

En el presente capítulo, se llevará a cabo un análisis detallado de los diferentes tipos de componentes necesarios para el desarrollo del cargador de baterías. Es importante tener en cuenta que cada elemento juega un papel crucial en el funcionamiento correcto del cargador, por lo tanto, es esencial seleccionar los elementos adecuados y asegurar su correcta implementación.

3.1.1. Amperímetro

Según Alexander y Sadiku (2015), en su libro "Fundamentals of Electric Circuits" de la editorial McGraw-Hill, el amperímetro es un instrumento utilizado para medir la corriente eléctrica en un circuito. La fórmula para calcular el amperaje es la siguiente: $\text{amperaje (I)} = \text{voltaje (V)} / \text{resistencia (R)}$. Es importante señalar que para utilizar el amperímetro, éste debe ser conectado en serie con el circuito que se desea medir.

Figura 14 Amperímetro



Fuente: www.pce-instruments.com

3.1.2. Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que se utiliza para medir la diferencia de potencial eléctrico, también conocido como voltaje, en un circuito. Los voltímetros se conectan en serie con la carga y miden la diferencia de potencial en el punto de conexión. Pueden ser analógicos o digitales.

Figura 15 Voltímetro



3.1.3. Bornera

Las bornes son las terminales de un componente eléctrico, como una batería o un interruptor, donde se conectan los cables o terminales para facilitar la conexión y el flujo de corriente eléctrica. Es importante mencionar que existen diferentes tipos de bornes, como las bornes a presión, soldadura, tornillos, entre otros, que varían en su forma de conexión y en su capacidad de manejar corriente eléctrica. Es importante seleccionar el tipo de borne adecuado para cada aplicación y asegurar que cumpla con los requisitos de seguridad y calidad establecidos.

3.1.4. *Puente rectificador*

El puente rectificador es un circuito electrónico que se utiliza para convertir una corriente alterna (CA) en una corriente continua (CC). Está compuesto por cuatro diodos dispuestos en forma de "puente" y su función es permitir el paso de corriente en una sola dirección (Alexander & Sadiku, 2015).

Figura 15 *Puente rectificador*



3.1.5. *Condensador*

Un condensador es un componente electrónico que almacena carga eléctrica en un espacio separado por un material dieléctrico. Los condensadores se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo filtrado, almacenamiento temporal de energía, y regulación de voltaje.

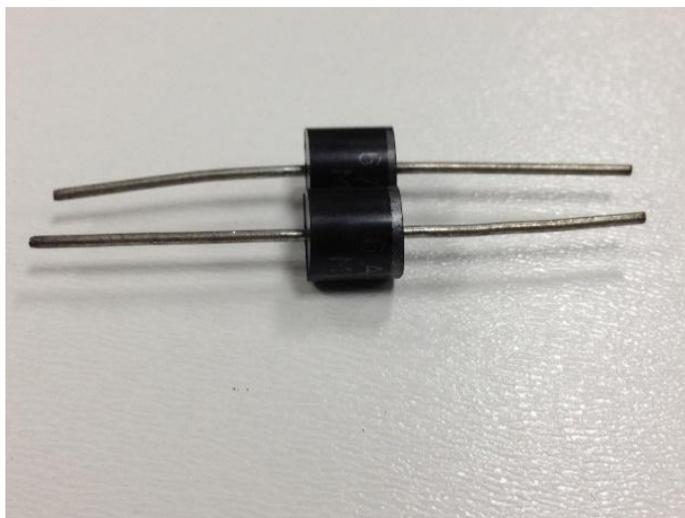
Figura 16 *Condensador*



3.1.6. Diodos

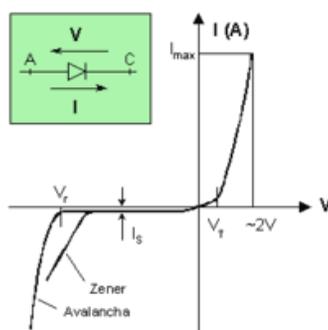
El diodo es un componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Es ampliamente utilizado en circuitos de rectificación, filtrado y regulación de voltaje.

Figura 17 Diodos



La curva del diodo es un gráfico que representa la relación entre la corriente que fluye a través del diodo y el voltaje que se aplica a él. Esta curva se caracteriza por una zona de corte, donde la corriente es cero, y una zona activa, donde la corriente aumenta con el aumento del voltaje.

Figura 18 Curva de diodos



El efecto Zener es un fenómeno específico que se produce en diodos Zener, que tienen una característica de voltaje inversa anómala. Bajo ciertas condiciones, estos diodos pueden operar en una región inversa de voltaje controlado, lo que permite su uso en circuitos de regulación de voltaje.(Mehta, 2018)

3.1.7. Focos halógenos

Los halógenos son un tipo de lámpara incandescente que utilizan un gas halógeno para aumentar la eficiencia y la vida útil de la lámpara. Estas luces emiten una luz más brillante y de mayor calidad que las lámparas incandescentes regulares.

Figura 19 *Foco halógeno*



3.1.8. Interruptor multicontacto

Según Sen (2012), los interruptores eléctricos son dispositivos que permiten la conexión o desconexión de un circuito eléctrico. Los interruptores multicontacto son una variedad de interruptores que tienen múltiples terminales para conectarse a varios puntos en un circuito. Estos tipos de interruptores son utilizados en una variedad de aplicaciones.

3.1.9. Cautín

El cautín es una herramienta eléctrica utilizada para soldar y desoldar componentes electrónicos. Es esencial para reparar y construir circuitos electrónicos, ya que permite unir componentes mediante la fusión de metales. La punta del cautín se calienta mediante una corriente eléctrica y se utiliza para soldar los componentes. Es importante tener cuidado al utilizar el cautín, ya que la punta se calienta a altas temperaturas y puede causar quemaduras (Sen, 2012).

3.1.10. Estaño

El estaño es un material comúnmente utilizado en la soldadura con cautín debido a su baja fusión y alta conductividad eléctrica. Se utiliza para unir dos piezas de metal mediante la aplicación de calor y presión. El estaño se funde a una temperatura más baja que otros metales, lo que lo hace ideal para soldar en áreas pequeñas y delicadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el estaño puede ser tóxico si se inhala, por lo que se recomienda trabajar en un área bien ventilada y utilizar un equipo de protección personal adecuado.

3.1.11. Pasta de soldar

La pasta para soldar es un material compuesto principalmente por estaño y una serie de aditivos químicos utilizados para soldar componentes electrónicos y mecánicos. Se aplica en la superficie de una placa de circuito impreso o en un componente antes de soldar, y actúa como una soldadura temporal para mantener los componentes en su lugar mientras se aplica calor para soldar. Además del estaño, existen pastas para soldar con plata y otros metales, útiles para la soldadura de componentes pequeños y delicados. Es importante seleccionar la pasta adecuada para el tipo de soldadura que se va a realizar y seguir las instrucciones del fabricante al utilizarla. También es importante tener en cuenta que algunos aditivos químicos pueden ser tóxicos si se inhalan, por lo que se debe trabajar en un área bien ventilada y usar el equipo de protección personal adecuado.

3.2. Cálculos para el cargador de las baterías

En este proyecto se requiere el uso de diversos componentes eléctricos y electrónicos. Para lograr esto, es necesario calcular tanto la potencia necesaria como el voltaje requerido. El cargador debe ser compatible con una tensión de 110 voltios y utilizará una fórmula para calcular el voltaje pico equivalente después de transformar la corriente.

$$V_{rms} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

El valor de voltaje RMS corresponde al voltaje medido con un multímetro en un enchufe de corriente eléctrica con una tensión de 110 voltios reemplazando en la ecuación 4 tendríamos lo siguiente:

$$110V = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{pico} = 110V \times \sqrt{2} = 155.56V$$

Voltaje aproximado de salida del puente de los diodos.

$$V_L = V_{pico} - V_{diodo} \quad (5)$$

Esta fórmula se utiliza para calcular el voltaje de salida aproximado de un puente rectificador de diodos, en donde:

- V_L : Este es el voltaje de salida, que representa la tensión eléctrica disponible después de que la señal de entrada ha sido rectificadas por el puente de diodos.
- V_{pico} : Este es el voltaje pico a pico de la señal de entrada, que representa la diferencia entre el voltaje máximo y el voltaje mínimo de la señal.

- **Vdiodo:** Este es el voltaje de caída de cada diodo en el puente rectificador. Esta variable representa la cantidad de voltaje que se pierde en cada diodo a medida que la corriente fluye a través de él. El voltaje de caída depende de la geometría y materiales de los diodos, así como de la intensidad de la corriente que fluye a través de ellos.

Si el voltaje pico es de 155.56V y el voltaje de caída del diodo es de 1.4V, podemos utilizar la fórmula 5 para calcular el voltaje de salida aproximado del puente de diodos:

$$VL = 155.56V - 1.4V$$

$$VL = 154.16V$$

Por lo tanto, el voltaje de salida aproximado es de 154.16V. Tenga en cuenta que este cálculo es una aproximación y puede haber un pequeño margen de error debido a factores como las variaciones en la resistencia interna de los diodos, la intensidad de la corriente, la temperatura, etc.

3.2.1. Rizado en la corriente

El rizado en una corriente eléctrica se refiere a la variación en la forma de la onda de la corriente. La corriente eléctrica es una señal variable que normalmente se representa como una onda sinusoidal. Sin embargo, en algunos casos, la forma de la onda puede ser distorsionada, lo que se conoce como rizado.

El cálculo del rizado en la corriente es importante en la ingeniería eléctrica ya que puede tener efectos negativos en el funcionamiento de los componentes eléctricos. Por ejemplo, el rizado puede causar calentamiento excesivo en los componentes, lo que puede aumentar el riesgo de fallos y disminuir la vida útil del equipo.

El cálculo del rizado se realiza mediante la medición de la forma de la onda de la corriente y su comparación con una forma sinusoidal ideal. Se pueden utilizar diversas técnicas para medir y analizar el rizado, como el análisis de espectro, el análisis de distorsión armónica, entre otros.

$$Vr = \frac{I}{f * C} \quad (6)$$

En la fórmula, "I" representa la intensidad de corriente en el circuito, "f" representa la frecuencia de la señal eléctrica, y "C" representa la capacitancia del circuito. La unidad de medida para "I" es el amperio (A), la unidad de medida para "f" es Hertz (Hz), y la unidad de medida para "C" es Farad (F).

Antes de aplicar esta fórmula, es necesario determinar la intensidad que circula por el circuito utilizando la ley de Ohm.

La ley de Ohm es una ley fundamental de la electricidad que establece la relación matemática entre la corriente eléctrica, el voltaje y la resistencia eléctrica en un circuito eléctrico. Esta ley fue descubierta por el físico alemán Georg Simon Ohm en 1827 y se utiliza ampliamente en la teoría y diseño de circuitos eléctricos.

La ley de Ohm se expresa matemáticamente como:

$$V = I * R \quad (7)$$

donde V es el voltaje, I es la corriente eléctrica y R es la resistencia eléctrica.

La ecuación se puede reorganizar para resolver para cualquiera de las tres variables, como:

$$I = \frac{V}{R} \quad (8)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (9)$$

Esta ley establece que, en un circuito eléctrico dado, la corriente eléctrica es directamente proporcional al voltaje aplicado y es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del circuito.

Adicional la resistencia de los dos focos que se está colocando como consumidores es de 78 ohmios y aplicando la ecuación se obtendrá la corriente que circula por el circuito.

$$I = \frac{154.16V}{39\Omega}$$

$$I = 3.95 A$$

Con el valor de la corriente encontrada, se utilizará un condensador de 450 μ F y al reemplazarlo en la ecuación 6, se obtiene lo siguiente:

$$Vr = \frac{3.95A}{120Hz * 450x10^{-6}F}$$

$$Vr = 73.14 V$$

Por lo tanto, tenemos una corriente de rizado de 73.14V para el circuito.

El siguiente paso es encontrar la corriente de descarga que se obtiene al tener dos consumidores que descargan el pack de baterías utilizando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{V} \tag{10}$$

En donde :

I es la corriente tanto de carga como de descarga, P es la potencia que tienen los consumidores en nuestro caso son 2 focos de 500W y V es el voltaje que se utiliza para la descarga, es decir del pack de baterías.

Tomando como ejemplo el Toyota Prius, que tiene 28 celdas de 7.2V cada una, se obtiene un voltaje de la batería de 201.6V.

Reemplazando los valores en la fórmula 8, obtenemos:

$$\text{Corriente de descarga } I = \frac{500W}{201.6V} = 2.48A$$

Por lo tanto, la corriente de descarga obtenida al tener dos consumidores para descargar el pack de baterías es de 2.48A

3.2.2. Selección del puente rectificador

Para seleccionar el puente rectificador adecuado, es necesario conocer la tensión inversa pico, que se determina mediante la fórmula:

$$PIV = Vp \tag{11}$$

En donde:

- PIV= Tensión inversa de pico (V)
- Vp= Voltaje de pico de salida (V)

Para una tensión alterna de 110 V, se obtiene un PIV de 154.16V, como se determinó con la fórmula 5.

El puente rectificador KBPC1510W es una opción viable para esta aplicación, ya que tiene una tensión inversa pico nominal de 1000V, más que suficiente para la aplicación con una tensión inversa pico de 154.16V.

Este puente rectificador tiene una corriente máxima de 15 amperios y una tensión directa máxima de 1.1 voltios, lo que significa que puede manejar una corriente de salida de hasta 15 amperios y proporcionar una caída de tensión directa de hasta 1.1 voltios en su configuración de puente rectificador.

Es importante tener en cuenta que el puente rectificador KBPC1510W tiene un factor de forma en paquete "W", que se monta en un disipador de calor para mejorar su capacidad de disipación de calor. Por lo tanto, si se utiliza en una aplicación donde la corriente de salida es alta, es importante asegurarse de que se utilice un disipador de calor adecuado para evitar el sobrecalentamiento y daños al puente rectificador.

Para la determinación de la energía almacenada en el capacitor tenemos la siguiente ecuación:

$$W = 0.5 * C * V^2 \quad (12)$$

Donde:

- W = la energía almacenada en el capacitor en joules (J)
- C = la capacidad del capacitor en faradios (F)
- V = la tensión aplicada al capacitor en voltios (V)

La energía almacenada en un capacitor depende de la cantidad de carga que se almacena en el capacitor y la tensión aplicada al mismo. Cuanto mayor sea la capacidad del capacitor y la tensión aplicada, mayor será la energía almacenada.

Reemplazando los valores en la ecuación 12 se obtiene:

$$W = 0.5 * 450 \times 10^{-6} F * 154.16^2 V = 5.3448 J$$

3.2.3. Selección del diodo de protección y paso de la corriente en un solo sentido

Según Smith y Johnson (2018), para seleccionar un diodo de protección, se debe considerar la corriente máxima esperada en el circuito y la tensión máxima que el diodo debe soportar. El diodo seleccionado debe tener una corriente directa (I_F) mayor que la corriente máxima esperada en el circuito y una tensión inversa máxima (PIV) mayor que la tensión máxima del circuito. Un diodo comúnmente utilizado es el 1N5408, que tiene una corriente directa máxima de 3 amperios y una tensión inversa máxima de 1000 voltios. Sin embargo, si la corriente máxima esperada en el circuito es mayor, se recomienda utilizar varios diodos en paralelo o un diodo que soporte mayor amperaje para evitar utilizar muchos diodos en paralelo.

Para calcular la cantidad de diodos necesarios en paralelo, se puede utilizar la siguiente fórmula (Brown, 2015):

$$N = \frac{I_{max}}{I_f} \quad (13)$$

Donde:

- N es el número de diodos necesarios
- I_{max} es la corriente máxima esperada en el circuito
- I_f es la corriente directa máxima del diodo.

Por ejemplo, si se espera una corriente máxima de 8.1 A en el circuito y se utiliza el diodo 1N5408, se necesitan al menos 3 diodos en paralelo para soportar esta corriente máxima ($N =$

$\frac{8.1 A}{3A} = 2.7$). O en su caso utilizar un diodo que soporte mayor amperaje para no utilizar muchos diodos.

3.2.4. *Cálculo del transformador*

Para calcular las especificaciones del transformador y del circuito rectificador necesarios para convertir 220 V AC a 9 V DC a una corriente de descarga de 2.48 A, se deben seguir los siguientes pasos:

3.2.5. *Calcular la potencia de salida requerida*

La potencia de salida requerida se puede calcular multiplicando la tensión de salida por la corriente de descarga, es decir se utiliza la ecuación 10

$$P = I * V$$

$$P = 9 V * 2.48 A$$

$$P = 22.32 W$$

Por lo tanto, se necesitará un transformador que pueda suministrar al menos 22.32 W de potencia.

3.2.6. *Calcular la corriente en el lado primario del transformador*

La corriente en el lado primario del transformador se puede calcular utilizando la ley de conservación de la energía, es decir:

$$P_{entrada} = P_{salida} \quad (14)$$

$$P = I * V$$

$$I = \frac{P_{salida}}{V_{entrada}}$$

$$I = \frac{22.32 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0.1014$$

Por lo tanto, la corriente en el lado primario del transformador será de aproximadamente 0.1014 A.

3.2.7. *Calcular la corriente en el lado secundario del transformador*

La corriente en el lado secundario del transformador se puede calcular utilizando la ecuación de la ley de corrientes, es decir:

$$\frac{\text{Corriente en el lado primario}}{\text{Número de vueltas en el lado primario}} = \frac{\text{Corriente en el lado secundario}}{\text{Número de vueltas en el lado secundario}} \quad (15)$$

Suponiendo que se tiene un transformador ideal, la corriente en el lado primario es igual a la corriente en el lado secundario. Entonces:

$$\text{Corriente en el lado secundario} = \text{Corriente en el lado primario} \quad (16)$$

$$\text{Corriente en el lado secundario} = 0.1014 \text{ A}$$

Por lo tanto, la corriente en el lado secundario del transformador será de 0.1014 A.

3.2.8. Seleccionar un rectificador adecuado

Para convertir la señal AC en una señal DC se necesita un rectificador. En este caso, se debe seleccionar un rectificador que pueda manejar una corriente de descarga de 2.48 A.

Teniendo en cuenta que la corriente en el lado secundario del transformador es de 0.1014 A, la corriente de entrada del rectificador será de aproximadamente 2.48 A.

3.2.9. *Elegir un filtro adecuado*

Una vez rectificada la señal, se necesitará un filtro para suavizar la señal DC y reducir el rizado en la salida. La elección del filtro dependerá de la aplicación específica y de la carga conectada a la salida del circuito.

3.2.10. *Cálculo del devanado del transformador*

Para calcular el número de vueltas del devanado primario y secundario del transformador, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (17)$$

Donde:

- V1 es la tensión en el devanado primario (220 V AC en este caso)
- V2 es la tensión en el devanado secundario (9 V DC en este caso)
- N1 es el número de vueltas del devanado primario
- N2 es el número de vueltas del devanado secundario

Reordenando la ecuación, obtenemos:

$$N1 = \frac{V1 * N2}{V2}$$

Sustituyendo los valores conocidos, obtenemos:

$$N1 = \frac{220 V * N2}{9 V}$$

$$N1 = 24.44 * N2$$

Para obtener un número entero para N1, podemos elegir un valor adecuado para N2. Para ello, podemos utilizar la corriente en el lado secundario del transformador y utilizando la ecuación 15:

$$\text{Corriente en el lado secundario} = \frac{\text{corriente en el lado primario} * \text{Número de vueltas en el lado secundario}}{\text{Número de vueltas en el lado primario}}$$

Sustituyendo los valores conocidos, obtenemos:

$$2.48A = \frac{0.1014 A * N2}{N1}$$

$$\frac{N1}{N2} = \frac{0.1014}{2.48 A} = 0.0408$$

Sustituyendo este valor en la ecuación anterior, obtenemos:

$$N1 = 24.44 * N2$$

$$N1 = \frac{24.44 * N2}{0.0408}$$

$N1 = 598.04 * N2$; si elegimos $N2 = 50$

$$N1 = 598.04 * 50$$

$$N1 = 29,902$$

Por lo tanto, para este ejemplo, se puede utilizar un transformador con un devanado primario de aproximadamente 29,902 vueltas y un devanado secundario de 50 vueltas para convertir 220V AC a 9V DC a una corriente de descarga de 2.48 A.

4. Capítulo IV

4.1. Diseño y construcción del cargador de baterías híbridas

En este capítulo se proporcionará una descripción detallada y completa del diseño y construcción del cargador de baterías híbridas. Se abordará desde la fase inicial de conceptualización hasta los procesos y técnicas utilizados en la fabricación del equipo. También se incluirán ejemplos ilustrativos y diagramas para facilitar la comprensión de los conceptos expuestos.

Se considerarán aspectos importantes como la selección de materiales, la optimización de la ergonomía y el cumplimiento de los estándares y normativas de seguridad aplicables. El objetivo es proporcionar información completa y útil para quienes deseen construir un cargador de baterías híbridas, desde principiantes hasta expertos en el tema.

Figura 20 *Renderizado del cargador de baterías*

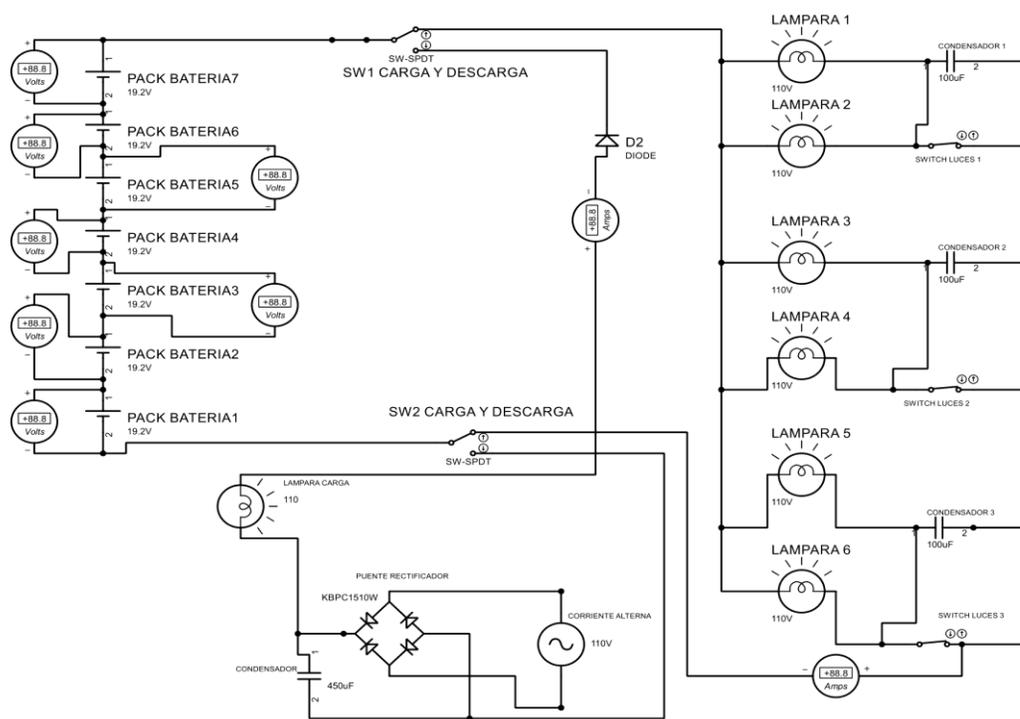


4.1.1. Elaboración del esquema eléctrico

En la elaboración del esquema, se tienen en cuenta el tipo de análisis que se desea realizar, los datos técnicos de los vehículos y los diferentes tipos de híbridos disponibles en el mercado ecuatoriano. Por ejemplo, el analizador de celdas especificado sería adecuado para el Toyota Highlander, debido a que su voltaje es similar al del equipo a construir.

Para elaborar el esquema eléctrico, se utilizó el programa electrónico de computación denominado "Proteus", el cual permitió plasmar el circuito requerido (ver figura 21) de manera clara y precisa. En el diseño del esquema se consideraron las necesidades específicas del proyecto, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y cumplimiento de los estándares y normativas de seguridad correspondientes.

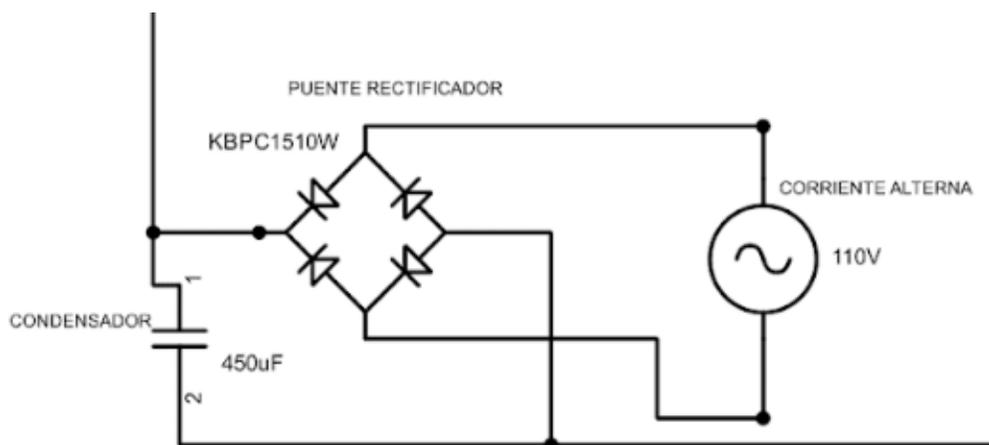
Figura 21 Diagrama del cargador de baterías



4.1.2. Rectificador de corriente

Para convertir la corriente alterna en corriente continua se utiliza un puente rectificador. En el caso de este proyecto, el puente rectificador convierte la corriente alterna de 110V a corriente continua de 110V. Un condensador se utiliza para regular los picos de voltaje y obtener una corriente continua adecuada para cargar el paquete de baterías. Es importante destacar que el circuito del rectificador consta de dos partes: el circuito de carga y el circuito de consumo. El circuito de consumo se compone de conectores que se extienden desde los bornes de la batería a un interruptor, y luego se conectan a seis focos halógenos. Estos focos están conectados en pares en paralelo, y se encargan de consumir la energía de las celdas.

Figura 22 Puente rectificador



4.1.3. Control de voltaje de las celdas

El voltaje es un parámetro crucial en el diagnóstico de celdas, por lo que se mide con voltímetros digitales conectados individualmente a cada una de ellas durante la carga o descarga.

4.2. Diseño del cargador de baterías

4.2.1. Funciones generales del cargador

El cargador de baterías es un dispositivo diseñado para determinar el estado de las celdas de la batería de los vehículos híbridos. Funciona basándose en la medición de la variación del tiempo de carga y descarga, con el objetivo de establecer una relación entre el voltaje y el tiempo de prueba.

El funcionamiento del analizador se realiza a partir de una corriente alterna de 110V, la cual es rectificadora mediante un diodo rectificador y controlada a través de un condensador de 400 microfaradios. De esta forma, se logra obtener una corriente continua que es direccionada hacia la carga o descarga mediante un interruptor.

Además de cargar la batería, el analizador también puede realizar la descarga de todas las celdas. Durante este proceso, la energía fluye desde la batería hacia los consumidores, por lo que es necesario instalar otro circuito eléctrico que sea controlado por el interruptor principal para evitar la construcción de otro equipo adicional.

Para controlar el consumo de energía durante la descarga, se han instalado seis focos halógenos de 500W conectados en paralelo de dos en dos. Estos se encuentran dispuestos de manera tal que su consumo pueda ser controlado mediante tres interruptores accionados manualmente.

En resumen, el analizador de baterías es un equipo fundamental para determinar el estado de las celdas de los acumuladores de energía en los vehículos híbridos, permitiendo conocer su rendimiento y eficiencia.

4.2.2. Manipulación del cargador

Este equipo se utilizará para descargar y cargar las baterías de vehículos híbridos. Mediante esta modalidad, se determinará el estado de las celdas que forman parte del paquete, así como el voltaje que oscila entre 180V y 420V. Por tal motivo, es necesario utilizar equipos de seguridad específicos para este tipo de operación. El interruptor de encendido del cargador permite el funcionamiento del mismo y ofrece la opción de seleccionar entre la carga y la descarga. Esta herramienta es industrial, ya que es capaz de soportar altos amperajes durante la descarga de los paquetes de celdas.

Además, cuenta con conectores enumerados para la conexión de los voltímetros, los cuales indicarán el voltaje de las celdas. Estos cables serán conectados a los bornes de cada celda, tomando en cuenta su polaridad. Para ello, cuenta con dos cables: uno de color rojo, tomando como referencia el positivo, y otro de color negro, que en este caso es el negativo. Estos dos conectores se enchufarán a todo el paquete para su respectiva operación.

Por lo tanto, se debe conectar el equipo a una fuente de energía que tenga 110V de corriente alterna, teniendo un interruptor de encendido ubicado a un costado derecho. Posteriormente, se debe verificar que el interruptor de tres posiciones esté en la posición neutral, de tal manera que se pueda manipular el equipo y los cables de alta tensión de forma segura.

A continuación, se procede a instalar en la batería los cables indicados para realizar, en primer lugar, la descarga. Después, se instalan los conectores de los diferentes voltímetros de acuerdo a la posición de la batería que se desea analizar. Se debe asegurar que los cables estén conectados correctamente y que la polaridad sea la correcta, de modo que los voltímetros puedan obtener una lectura precisa. Una vez hecho esto, se procede a conectar la batería a la fuente de energía y a encender el equipo para realizar la medición.

4.2.3. Modos de carga y descarga

Al seleccionar el modo de carga, el cargador recibe corriente alterna de 110 V y la convierte en corriente continua a través de un rectificador. Esta corriente se dirige al interruptor que conecta dos cables de alto voltaje, identificados por colores: uno negro para el borne negativo y otro rojo para el borne positivo de la batería. Los conectores de los voltímetros se instalan para medir el voltaje de cada celda. Las celdas se conectan en serie de dos en dos para obtener el voltaje total del paquete de celdas, que en el caso de una batería de Toyota Highlander es de 128,8 voltios.

Una vez que se conectan los bornes respectivos de la batería, se gira el interruptor al modo de carga para verificar que el voltaje aumente gradualmente hasta llegar al voltaje óptimo de 18,4 V. Durante la carga, el voltaje se sobrepasa de 2V a 4V, lo que se muestra en los voltímetros.

Para descargar la batería, se utiliza una prueba de celdas que involucra focos halógenos para consumir la energía de las celdas. No es necesario desconectar los bornes conectados durante la carga; se selecciona el modo de descarga y la velocidad de descarga de la batería a través de tres interruptores que conectan los consumidores de dos en dos.

Una vez finalizada la descarga, se observan las celdas que se descargaron con mayor rapidez y se hace un cuadro de control de las celdas que deben ser reemplazadas. Las celdas que se dañan con mayor facilidad suelen ubicarse en la mitad del paquete debido a la falta de refrigeración, lo que acelera su deterioro.

4.2.4. Modo de análisis

Para diagnosticar el estado de las celdas, se registra el voltaje inicial de cada una. Luego, se instala el equipo y se selecciona el modo de descarga. Durante el proceso de descarga de 15 a 20 minutos, se controlan las celdas para ver cuáles se descargan más rápidamente y cuáles más lentamente.

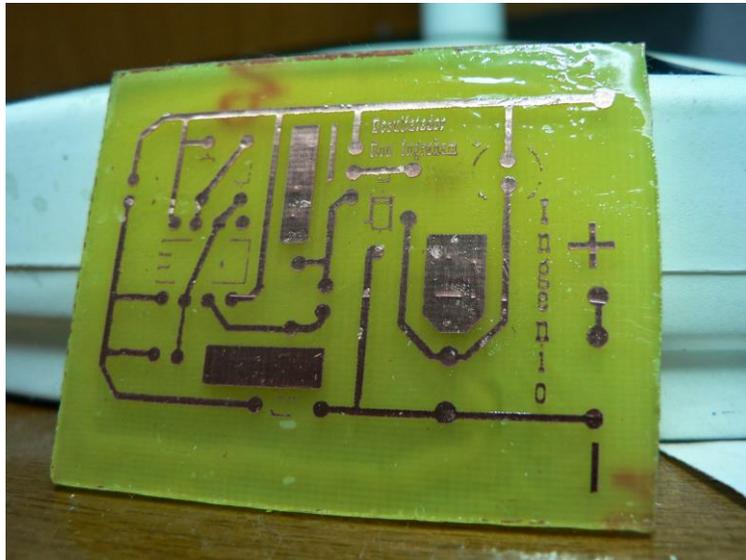
Con los valores obtenidos, se registran los tiempos de carga y descarga, y se analizan los resultados para determinar el estado de las celdas. Esto permite conocer el estado de las celdas y tomar la mejor decisión para su mantenimiento.

4.3. Construcción

4.3.1. *Elaboración de la placa*

Para la construcción del circuito de rectificación de corriente se utiliza un transformador de 110V y 2A, un diodo rectificador de corriente con el código K8L10, y un condensador de 25V y 1000 microfaradios. El transformador reduce la tensión de entrada de 110V a una tensión adecuada para el diodo rectificador, que convierte la corriente alterna en corriente continua. El condensador de 25V y 1000 microfaradios ayuda a filtrar los picos de corriente que resultan de la rectificación.

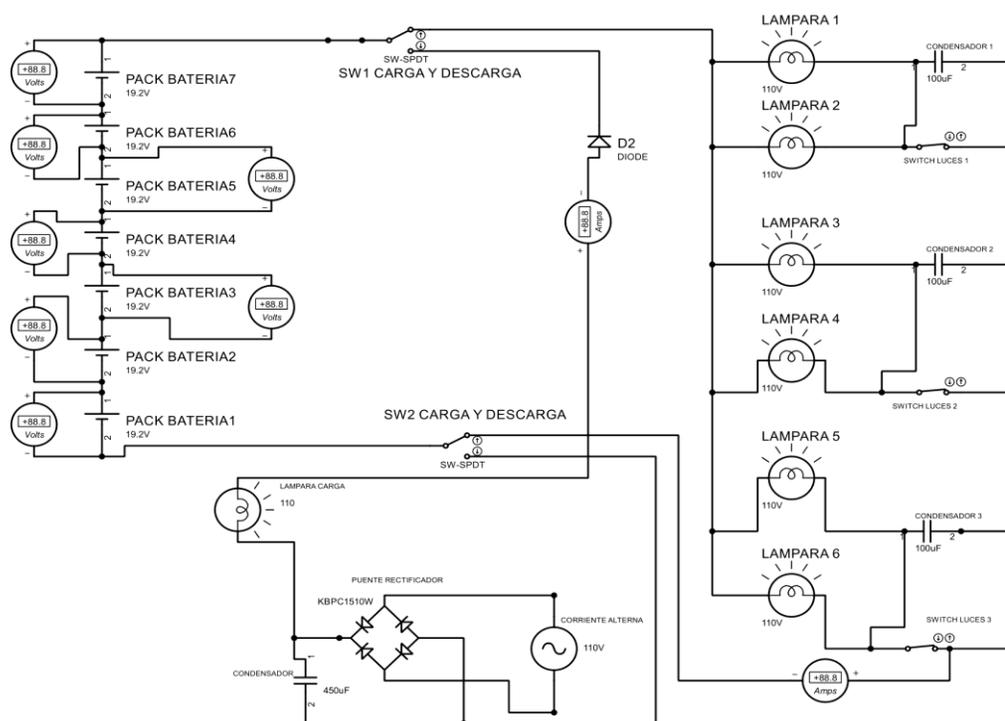
Figura 23 *Placa electrónica*



4.3.2. Simulación de circuito en el programa Proteus

El diagrama del analizador de celdas de baterías de vehículos híbridos muestra los componentes y conexiones necesarios para medir los voltajes y amperajes de las celdas de baterías. Se emplean instrumentos de medida, como voltímetros, amperímetros, relés, resistencias, diodos, transistores, entre otros. En el programa de simulación, se puede observar el comportamiento del circuito con diferentes valores de voltaje y corriente. Esto es útil para determinar el comportamiento de los consumidores y acumuladores de energía. Además, se muestra el controlador utilizado para el sistema, que se usa para controlar los elementos del circuito. Con esto, se pueden hacer cambios en los valores de voltaje y corriente y verificar los resultados en el comportamiento del circuito. El programa también permite incorporar diferentes elementos, como interruptores, resistencias, condensadores, etc., para ajustar el circuito según las necesidades. La simulación se realiza en el programa Proteus, que es una herramienta comúnmente utilizada para diseñar y simular circuitos electrónicos.

Figura 24 Circuito en el programa Proteus



4.3.3. Construcción de la carcasa del cargador

Se construyó una estructura de madera que aloja todo el circuito y sus componentes, como los medidores de voltaje y amperaje, interruptores y elementos de carga, descarga, rectificación y refrigeración. Los componentes se ubicaron estratégicamente considerando la facilidad de visualización, control y accesibilidad.

La ubicación interna de los componentes se basa en su función específica. Durante la descarga, se disipa el calor generado por los consumidores, por lo que se diseñó una carcasa amplia que se enfría mediante ventiladores. Esto garantiza un rendimiento óptimo y seguridad del equipo.

4.3.4. Instalación del circuito eléctrico

Se utilizó un cable de 6 mm para el circuito de corriente alterna de 110 voltios. Después de pasar por el transformador, se obtienen 12 voltios que se rectifican mediante un diodo rectificador. Esto suministra energía a los amperímetros y un extractor de calor.

Se utilizó un cable de 8 mm para la instalación de los voltímetros que se conectan a las baterías y para conducir la corriente de carga hacia la batería híbrida. Los consumidores se instalaron de manera paralela en grupos de dos para los focos halógenos.

El cableado eléctrico se conecta a los interruptores siguiendo el diagrama previamente establecido. Se instaló un ventilador de 110 voltios para evacuar el calor generado durante la descarga, lo que garantiza un funcionamiento óptimo y seguro de la instalación eléctrica.

5. Capítulo V

5.1. Comprobación del equipo y Parámetros de pruebas

Las baterías de los vehículos híbridos y eléctricos están diseñadas de tal manera que su capacidad de almacenamiento de energía es similar. Por lo tanto, el voltaje inicial de cada batería se convierte en un parámetro fundamental, el cual se obtiene a través de la información proporcionada en los catálogos de baterías y en la web. Por ejemplo, en el caso del Highlander, el voltaje de una sola celda de la batería es de 9.6V, mientras que en el caso del Prius es de 7.2V. Cada batería está compuesta por una serie de baterías de 1.2V conectadas en serie. En el caso del Highlander, cuenta con 8 baterías de 1.2V, mientras que en el caso del Prius cuenta con 6 baterías de 1.2V. Esta información es útil para determinar la carga adecuada para cada paquete de baterías que se va a analizar.

Las pruebas realizadas con el cargador y comprobador de baterías híbridas se comparan con los valores obtenidos previamente mediante el escáner al momento de conectar en la ECU del vehículo. Para llevar a cabo estas pruebas, seguimos los siguientes pasos:

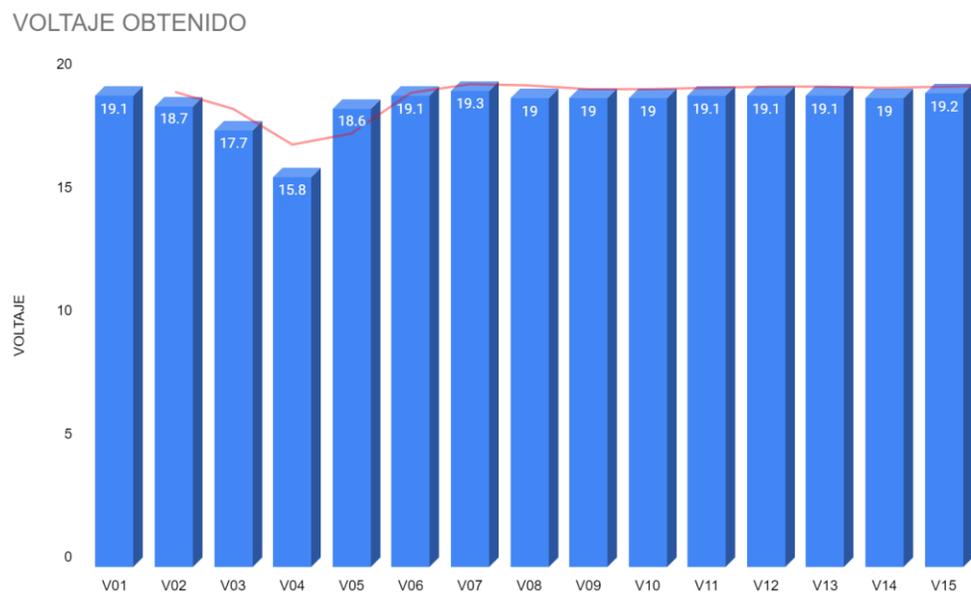
- Ponemos el vehículo en modo híbrido para que solo funcione en modo eléctrico y podamos observar el comportamiento de las baterías. De esta manera, el motor de combustión interna se apaga y no proporciona energía a las baterías híbridas en el momento en que necesitan ser cargadas.
- Tomamos los datos del vehículo, que en este caso es un Toyota Highlander.

Figura 25 Valores obtenidos por el scanner CARDAQ-M

FFD actual FFD pendiente			
Parametro	Valor	Unidad	Parametro
Temp of Batt TB8	90.1	F	Detail Code 3
Battery Block Vol -V01	19.09	V	Detail Code 4
Battery Block Vol -V02	18.67	V	Detail Code 5
Battery Block Vol -V03	17.72	V	123-Information 1
Battery Block Vol -V04	15.77	V	123-Generator(MG1) Rev
Battery Block Vol -V05	18.64	V	123-Motor(MG2) Revolution
Battery Block Vol -V06	19.09	V	123-Rear Motor Revolution
Battery Block Vol -V07	19.25	V	123-Generator(MG1) Torq
Battery Block Vol -V08	19.03	V	123-Motor(MG2) Torq
Battery Block Vol -V09	19.03	V	123-Rear Motor Torq
Battery Block Vol -V10	19.03	V	123-Inverter Temp (MG1)
Battery Block Vol -V11	19.06	V	123-Inverter Temp (MG2)
Battery Block Vol -V12	19.12	V	123-Rear Inverter Temp
Battery Block Vol -V13	19.12	V	123-Motor Temp MG1
Battery Block Vol -V14	18.99	V	123-Motor Temp MG2
Battery Block Vol -V15	19.19	V	123-Rear Motor Temp
Detail Code 1	123		123-Request Power
Detail Code 2	0		123-Engine Spd

Una vez obtenidos los valores correspondientes mediante el escáner, procedemos a revisar la fluctuación de los valores de amperaje y voltaje, como se muestra en la Figura 26.

Figura 26 Voltaje de celda defectuosa



Los valores anteriores son obtenidos inicialmente por medio de un escáner llamado CARDAQ-M. Durante el funcionamiento del vehículo en modo híbrido, evaluamos los valores de voltaje de cada paquete de baterías, como se puede observar en los cuadros anteriores. Basados en la información del comportamiento de los voltajes, podemos deducir el estado de las celdas. Posteriormente, encendemos el motor de combustión interna para generar el movimiento del motor MG2, el cual se encarga de suministrar la carga a las baterías híbridas. Al obtener la carga necesaria, apagamos el motor de combustión interna y ponemos el vehículo en modo totalmente eléctrico.

5.1.1. Procedimiento para descargar la batería montada en el vehículo

Para descargar la batería montada en el vehículo, primero encendemos el vehículo y giramos el volante de lado a lado. Luego, encendemos el aire acondicionado hasta que se active el motor de combustión interna y comience a cargar las baterías HV.

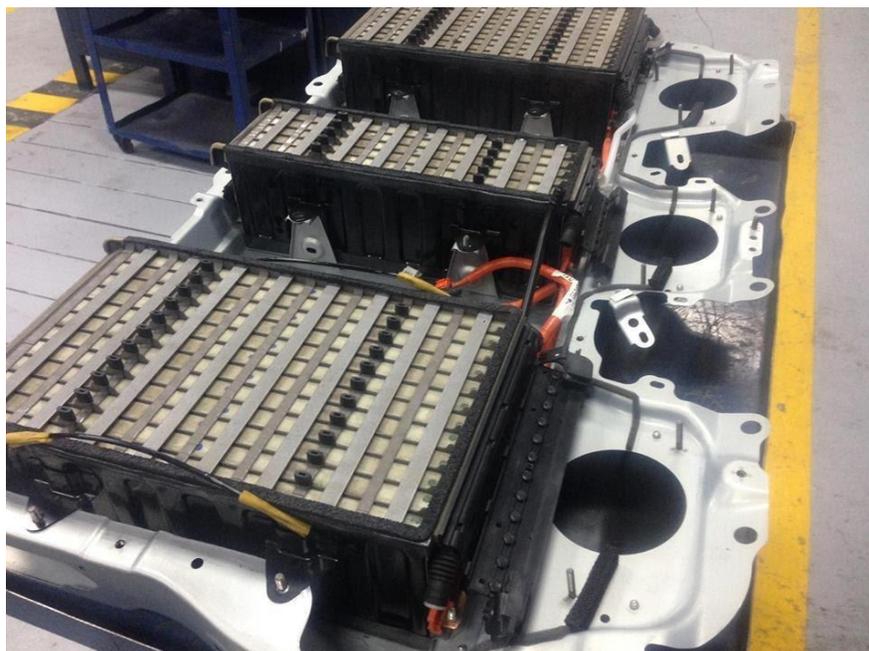
Una vez que el motor de combustión interna se apaga automáticamente, dejamos el vehículo en modo eléctrico. A continuación, conectamos el escáner llamado CARDAQ-M, encendemos el aire acondicionado a su máxima potencia y volvemos a girar el volante de lado a lado para observar cómo los valores de voltaje y amperaje de las baterías van disminuyendo. De esta forma, podemos determinar experimentalmente el tiempo que tarda en descargarse la batería, que suele ser de 25 a 70 minutos dependiendo del estado de las celdas y de la batería híbrida.

Una vez que hemos obtenido los datos de esta prueba experimental, procedemos a extraer las baterías del vehículo híbrido

Figura 27 *Extracción de baterías del vehículo híbrido*



Figura 28 *Conexión y desconexión de baterías del vehículo híbrido*



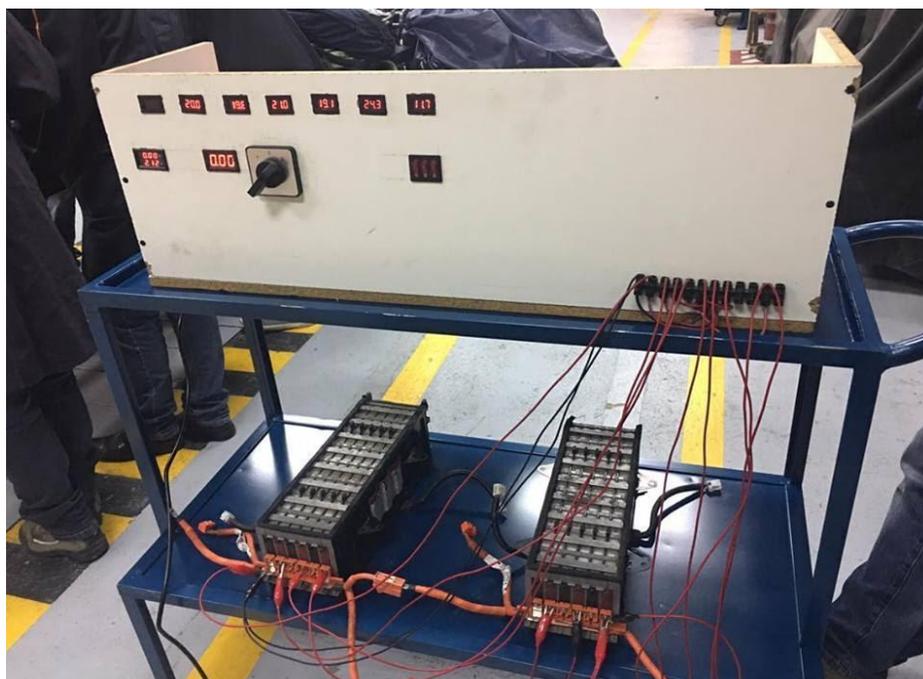
Con la ayuda del banco de pruebas, conectamos las baterías y las descargamos completamente.

Figura 29 Descarga de baterías en el banco



Luego, procedemos a cargar las baterías y tomamos valores de voltaje cada 5 minutos durante una hora.

Figura 30 Toma de voltajes en rangos de tiempo



La batería se estabiliza y procedemos a la descarga. De la misma manera que en la carga de la batería híbrida, observamos en los voltímetros del banco de pruebas cómo se va perdiendo el voltaje.

5.1.2. Mediciones

De acuerdo con lo establecido previamente, el equipo funciona con un voltaje de 110 voltios de corriente alterna. Dado que este tipo de corriente es más común en nuestro medio, el analizador cargador puede ser utilizado en cualquier lugar que cuente con este voltaje, como una casa, por ejemplo.

Existen diferentes tipos de materiales para la conversión de corriente alterna en corriente continua. Mediante un multímetro, se obtiene el valor de la intensidad de descarga de 10A y el voltaje de carga, que nos da como resultado 171.5 voltios de corriente continua. Este valor será utilizado para abastecer de energía a la batería de un vehículo híbrido.

También se mide el voltaje de los packs de baterías a través de los multímetros instalados en el equipo. Según el orden en el que se encuentran enumerados, el voltaje oscila entre 19,2V a 19,6V, lo cual es un valor correcto para el análisis de pruebas.

En cuanto a las mediciones, se han detectado voltajes que se conocen como "voltajes fantasma", ya que son los voltajes nominales, pero no los reales debido a la reacción química que es generada por las baterías internas. Sin embargo, estos valores se pueden utilizar, ya que mantienen la misma teoría.

5.1.3. Tablas obtenidas en las mediciones

Tabla 7 Voltajes Pack 1

TIEMPO (minutos)	1	2	3	4	5	6	AMPERIO	TOTAL
60	0.7	0.6	0.8	0.1	0.2	0.87	0	0
50	21.4	20.5	20.5	0.1	20.1	19.6	2.09	122.7
40	22.3	22.3	22.7	15.8	22.2	20.9	1.93	132.6
30	22.5	22.6	22.9	20.3	22.6	21.5	1.63	134.6
20	22.9	22.9	23.2	21.8	22.8	22.3	1.58	136.8
10	23.1	23.2	23.3	22	22.9	22.4	1.63	137.8
0	23.4	23.3	23.4	23.1	23	22.5	1.57	138.7

Tabla 8 Voltajes Pack 2

TIEMPO (minutos)	1	2	3	AMPERIO	TOTAL
60	0.7	0.6	0.8	0	0
50	21.4	20.5	20.5	2.09	122.7
40	22.3	22.3	22.7	1.93	132.6
30	22.5	22.6	22.9	1.63	134.6
20	22.9	22.9	23.2	1.58	136.8
10	23.1	23.2	23.3	1.63	137.8
0	23.4	23.3	23.4	1.57	138.7

Tabla 9 Voltajes Pack 3

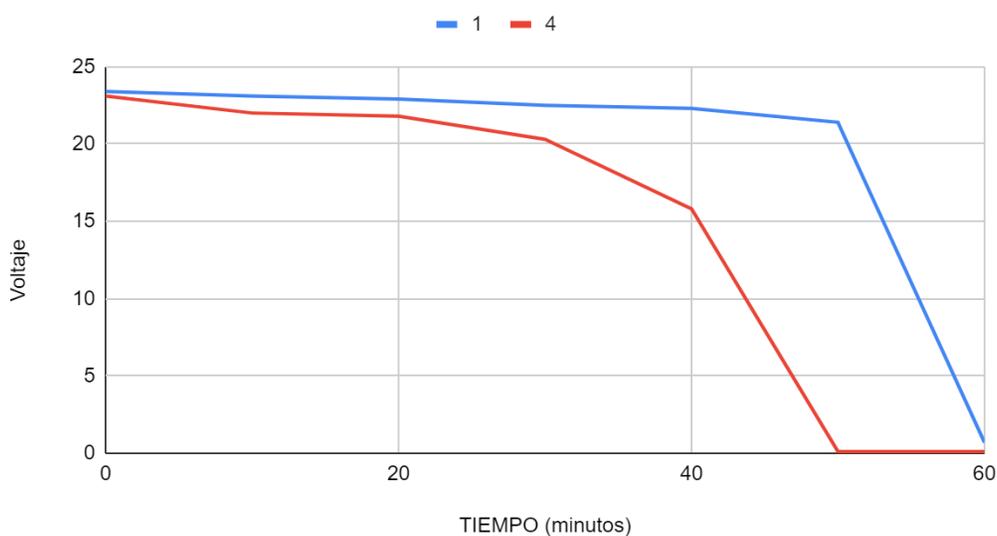
TIEMPO (minutos)	1	2	3	4	5	6	AMPERIO	TOTAL
60	0.8	0.3	0.8	0.03	0.16	0.96	0	0
50	21.7	20.6	20.6	20.7	20.2	19.7	2.07	101.8
40	22.2	22.2	22.6	22.3	22.1	21	1.85	132.4
30	22.6	22.7	22.9	22.6	22.5	21.6	1.65	134.9
20	22.7	22.9	23.1	22.8	22.6	22	1.5	136.1
10	22.9	23.1	23.3	23	22.7	22.1	1.65	137.1
0	23.1	23.2	23.5	23.2	22.9	22.2	1.53	138.1

Los resultados obtenidos mediante los voltímetros se comparan con los del banco de pruebas para luego proceder a descargar la batería desde dentro del vehículo, sin necesidad de desmontarla. Se toman datos en intervalos de tiempo para obtener diferentes valores de voltaje, lo que permite verificar la presencia de celdas defectuosas.

Otro parámetro que se puede verificar es que todas las baterías se descargan completamente hasta llegar a cero, teniendo en cuenta la existencia de corrientes parásitas, también conocidas como "fantasmas", que pueden aparecer en el banco de pruebas.

Durante la descarga, todas las baterías deben experimentar una caída de tensión en un rango de tiempo similar. Es decir, una batería no puede perder más del 20% de energía en comparación con otra. Para analizar esto, se grafica en dos dimensiones el tiempo vs voltaje de descarga, tal como se observa en la figura 31.

Figura 31 *Tiempo de descarga*



5.1.4. Validación del equipo

Para validar el equipo, se debe verificar el voltaje con el que se trabaja. De este modo, se comienza a verificar que las instalaciones eléctricas estén bien seguras, sin riesgo de desconexiones. Seguidamente, se comprueba que los interruptores cierren y abran los circuitos, tanto el de carga como el de descarga. Luego, se analiza la intensidad luminosa que se genera en

el momento de realizar la descarga de las baterías, la cual emana calor. Por lo tanto, se encenderá un ventilador que evacua el calor hacia la atmósfera, el cual funcionará con una corriente de 110V de corriente alterna y solo se activará en el modo de descarga.

Por otra parte, se realizan mediciones individuales con los voltímetros para lo cual el equipo cuenta con 7 terminales de conexión. Se comparan los valores emitidos con los valores que expone un multímetro de medición, y el margen de error es mínimo, de 1 a 2 voltios.

Mediante un multímetro, se verifica y valida los voltajes de carga que brinda el equipo analizador de celdas. De igual modo, se verifica el tiempo de descarga, considerando el consumo similar al de un vehículo en funcionamiento.

Lo que se puede validar con el equipo es que, una vez determinadas qué celdas de baterías se encuentran en mal estado, deben reemplazarse. Al instalarlas en el vehículo híbrido, deberían funcionar correctamente e indicar en el escáner los valores respectivos, los cuales serán diferentes a los iniciales.

6. Conclusiones

En conclusión, después de llevar a cabo este trabajo de titulación, el desarrollo de un analizador de celdas de baterías para vehículos híbridos y eléctricos es un proyecto relevante y necesario para la industria automotriz. La creciente demanda de vehículos híbridos y eléctricos requiere la implementación de soluciones tecnológicas que permitan prolongar la vida útil de las baterías y mejorar su eficiencia, lo que se traduce en beneficios económicos y ambientales.

El proceso de análisis técnico que permitirá identificar el estado de las celdas de batería y determinar cuál debe ser reemplazada es una parte fundamental del proyecto. La información obtenida del análisis permitirá prolongar la vida útil de las baterías y, en ocasiones, recuperar baterías que habían sido destinadas a ser reemplazadas, lo que representa un ahorro significativo en costos para los propietarios de vehículos híbridos y eléctricos.

7. Recomendaciones

Investiga y conoce las especificaciones de las baterías híbridas que deseas cargar. Cada modelo y marca de batería tendrá sus propias especificaciones y requisitos de carga, y es importante conocerlos antes de construir el cargador.

Asegúrate de utilizar componentes de alta calidad y seguros, como fusibles, interruptores, conectores y cables adecuados. Además, es importante seguir las normas de seguridad eléctrica al manipular y trabajar con componentes eléctricos.

Diseña y construye el cargador para que tenga la capacidad de cargar el voltaje y la corriente requeridos por la batería de manera segura y eficiente. También es importante que el cargador tenga una forma de monitorear y controlar la carga de la batería, por ejemplo, mediante un sistema de control de voltaje y corriente.

Considera la portabilidad del cargador. Si planeas usar el cargador en diferentes lugares, es importante diseñarlo para que sea fácil de transportar y tenga una carcasa protectora para protegerlo de golpes y caídas.

Prueba el cargador antes de usarlo en una batería híbrida para asegurarte de que esté funcionando correctamente y no cause daños a la batería o al vehículo. Puedes probar el cargador en una batería de prueba o en una batería de repuesto antes de usarlo en una batería de vehículo híbrido.

8. Bibliografía

- Future Market Insights. (2021). Global Hybrid Vehicles Market: Industry Analysis & Opportunity Assessment, 2021-2031. Future Market Insights. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/global-hybrid-vehicles-market>
- Mordor Intelligence. (2021). Hybrid Vehicle Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026). Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/hybrid-vehicle-market>
- Statista. (2022). Electric Vehicles - Worldwide Revenue Outlook. Statista. <https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide#revenue>
- Hybrid Vehicle Market analysis - industry report - trends, size & share. (s/f). Mordorintelligence.com. Recuperado el 10 de enero de 2023, de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/hybrid-vehicle-market>
- Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU. (2021). Baterías de vehículos híbridos y eléctricos. Obtenido de <https://www.energy.gov/articles/hybrid-and-electric-vehicle-batteries>
- Gu, Y., Sudhoff, S. D., & Leung, L. C. W. (2016). A review of battery state-of-charge estimation methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1292-1307.
- Li, J., Wang, H., & Li, Z. (2018). A comprehensive state of charge estimation method for hybrid electric vehicle batteries. *Journal of Power Sources*, 385, 1-11.
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2015). *Fundamentals of Electric Circuits*. McGraw-Hill Education.
- Mehta, P. S. (2018). *Principles of Electronics*. Tata McGraw-Hill Education.
- Sen, P. C. (2012). *Principles of Electric Machines and Power Electronics*. John Wiley & Sons, Inc.
- AEADE. (2021). Anuario de estadísticas del sector automotor. Recuperado el 24 de febrero de 2023, de <https://www.aeade.net/anuario/>

Ohm, G. S. (1827). Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet. *Annalen der Physik*, 2(6), 1-56. <https://doi.org/10.1002/andp.18270870602>

Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU. (2021). Vida útil de la batería de vehículos eléctricos. <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/life-battery-electric-vehicles>

Baterías para vehículos híbridos: Tipos, características, ventajas y desventajas" por José Luis Cuadrado-Duque, Juan Antonio Fernández-Fernández y Javier del Valle-García. *Revista de Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 8, n.º 1, enero de 2020, pp. 12-22. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6436030>

Huang, Y., Sun, H., Wang, S., & Zhang, J. (2021). Recent progress in lithium-sulfur and lithium-air batteries: Status, challenges, and perspectives. *Journal of Power Sources*, 495, 229697. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229697>

Huang, S., Zhou, M., & Cui, N. (2018). The impact of lithium-ion battery recycling on environment and human health: A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 81-99. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.183>

UPS. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa distribuidora de productos de consumo masivo [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16285/1/UPS-CT007928.pdf>

Gueto, R. (2019). Cargador de baterías de vehículos híbridos [Presentación de diapositivas]. SlideShare. <https://www.slideshare.net/ricardogueto/cargador-de-baterias-de-vehiculos-hibridos>

Andrade, V. (2019). Diseño de un cargador de batería para vehículos eléctricos basado en energía solar [Tesis de maestría]. Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador. <https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/8611/1/AC-ESPEL-MAI-0461.pdf>

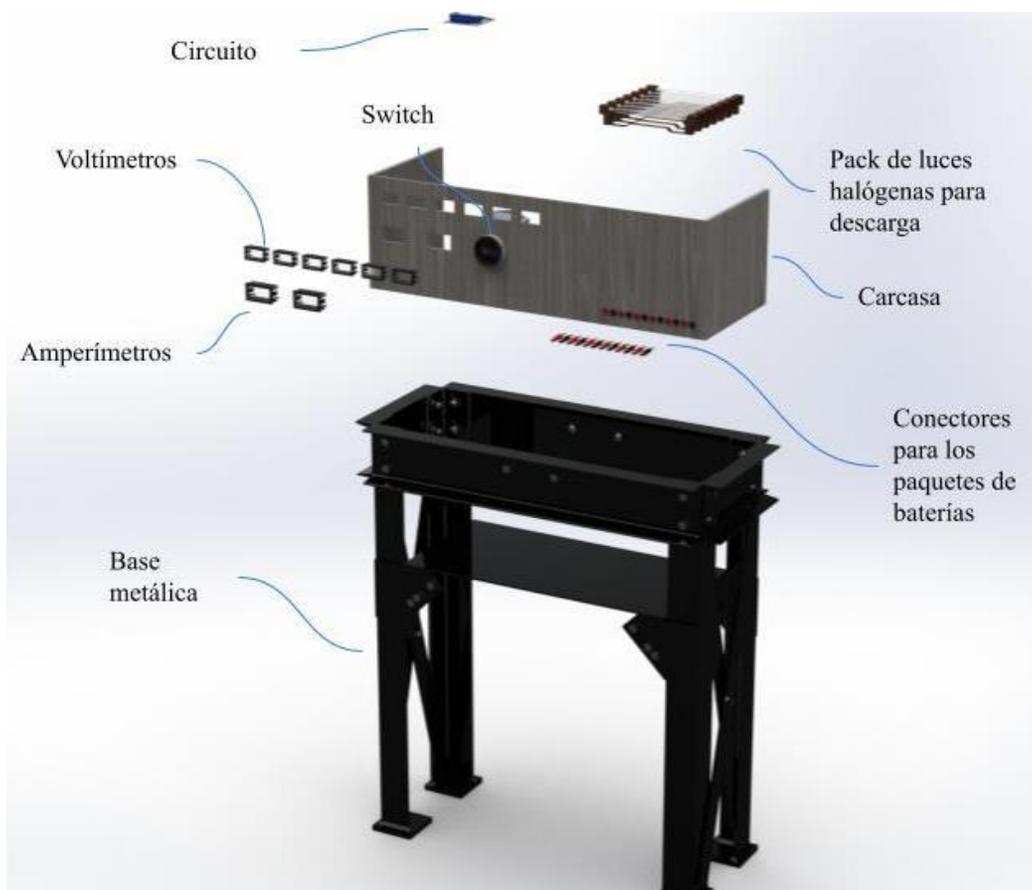
Autocosmos. (s. f.). Comparar vehículos [Sitio web]. Recuperado el [], de <https://www.autocosmos.com.ec/catalogo/comparar?v1=158746&v2=158691>

9. Anexos

9.1. Diseño del cargador de baterías híbridas.

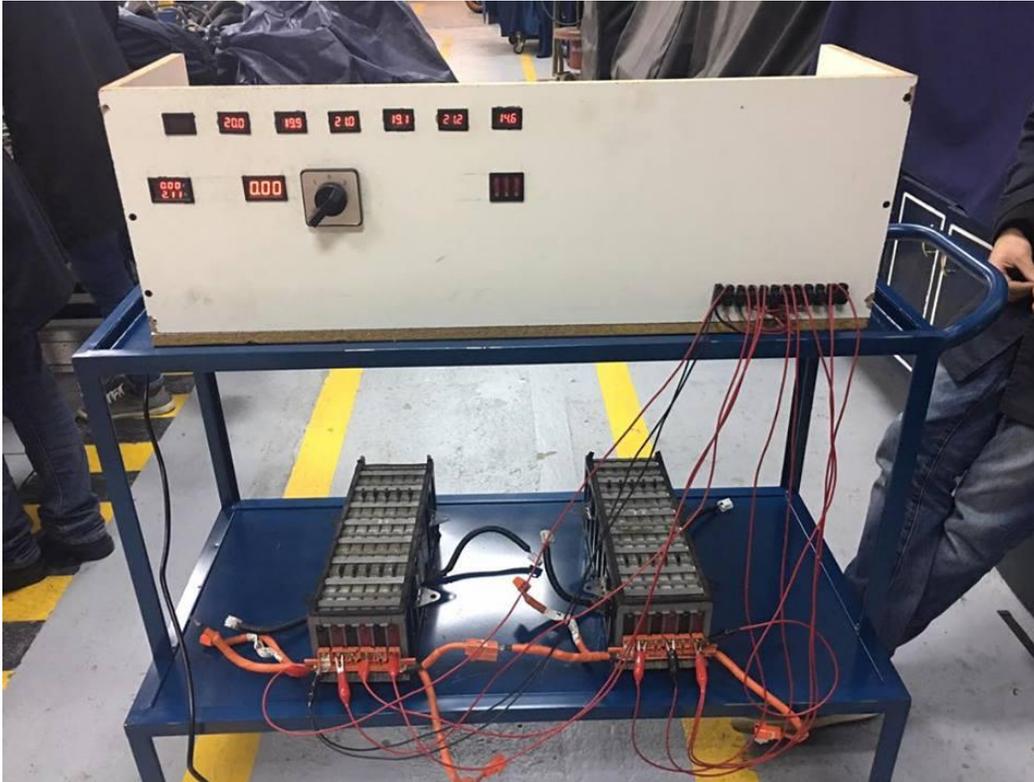
Utilizando el programa SolidWorks, se puede crear un modelo en 3D del cargador. El modelo debe incluir todas las partes mecánicas y eléctricas del cargador, como el transformador, los diodos rectificadores, los capacitores, los disipadores de calor, entre otros como se puede observar en la figura 32.

Figura 32 Elementos del cargador en 3D



Después de tener diseñado el cargador se procede a la construcción, y en la imagen 33 se puede apreciar el resultado final de la construcción.

Figura 33 *Diseño terminado del cargador*



10. Índice de figuras

Figura 1 <i>Crecimiento de vehículos híbridos</i>	8
Figura 2 <i>Participación en ventas por tipo de combustible</i>	9
Figura 3 <i>Costos de vehículos híbridos en Ecuador</i>	16
Figura 4 <i>Primera generación de batería híbrida</i>	20
Figura 5 <i>Segunda generación de batería híbrida</i>	21
Figura 6 <i>Tercera generación de batería híbrida</i>	21
Figura 7 <i>Cuarta generación de batería híbrida</i>	22
Figura 8 <i>Datos obtenidos del escáner</i>	28
Figura 9 <i>Diagrama de flujo para diagnóstico</i>	28
Figura 10 <i>Diagrama de flujo para diagnóstico Toyota highlander</i>	29
Figura 11 <i>Guantes de alto voltaje</i>	35
Figura 12 <i>Celda en mal estado</i>	36
Figura 13 <i>Voltaje de celda descargada</i>	37
Figura 14 <i>Banco de carga de baterías híbridas</i>	39
Figura 15 <i>Puente rectificador</i>	42
Figura 16 <i>Condensador</i>	42
Figura 17 <i>Diodos</i>	43
Figura 18 <i>Curva de diodos</i>	43
Figura 19 <i>Foco halógeno</i>	44
Figura 20 <i>Renderizado del cargador de baterías</i>	59
Figura 21 <i>Diagrama del cargador de baterías</i>	60
Figura 22 <i>Puente rectificador</i>	61
Figura 23 <i>Placa electrónica</i>	65
Figura 24 <i>Circuito en el programa Proteus</i>	66
Figura 25 <i>Valores obtenidos por el scanner CARDAQ-M</i>	69
Figura 26 <i>Voltaje de celda defectuosa</i>	69
Figura 27 <i>Extracción de baterías del vehículo híbrido</i>	71
Figura 28 <i>Conexión y desconexión de baterías del vehículo híbrido</i>	71
Figura 29 <i>Descarga de baterías en el banco</i>	72
Figura 30 <i>Toma de voltajes en rangos de tiempo</i>	73
Figura 31 <i>Tiempo de descarga</i>	76
Figura 32 <i>Elementos del cargador en 3D</i>	82
Figura 33 <i>Diseño terminado del cargador</i>	83

11. Índice de Tablas

Tabla 1 Ventas de vehículos híbridos	9
Tabla 2 Ventas de vehículos eléctricos	9
Tabla 3 Comparación de vehículos híbridos	18
Tabla 4 Valores de voltaje obtenidos	30
Tabla 5 Datos de entrada escáner	35
Tabla 6 Datos de entrada con fórmulas	35
Tabla 7 Voltajes Pack 1	75
Tabla 8 Voltajes Pack 2	75
Tabla 9 Voltajes Pack 3	75