



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Incremento de un conjunto de baterías de litio para mejorar la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Gutierrez Gualotuña, Alex Javier y Mungabusi Jinde, Bryan Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Arias Pérez Ángel Xavier

28 de febrero del 2024

Latacunga

Reporte de Verificación de Contenido



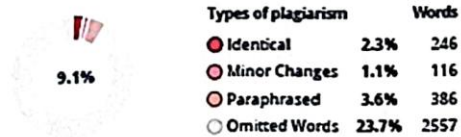
Plagiarism report

MONOGRAFIA_GUTIERREZ_MUNGABU...

Scan details

Scan time: February 28th, 2024 at 20:12 UTC
 Total Pages: 44
 Total Words: 10792

Plagiarism Detection



AI Content Detection



Plagiarism Results: (34)

🌐 **¿Qué es el voltaje eléctrico?** 0.7%
<https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-el-voltaje>
 Menu ...

🌐 **Funcionamiento de un interruptor termomagnético - Soporte - TRANSELE...** 0.7%
<https://www.transelec.com.ar/soporte/18632/funcionamiento-de-un-interruptor-termomagnetico/>
 Inicio La Empresa > La empresa > FEGIME - LATAM Servicios DEPARTAMENTO VENTAS DEPARTAMENTO TÉCNICO DEPARTAMENTO L...

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

Director

C. C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Incremento de un conjunto de baterías de litio para mejorar la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizado por los señores **Gutierrez Gualotuña, Alex Javier y Mungabusi Jinde, Bryan Alexander** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C. C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Gutierrez Gualotuña, Alex Javier**, con cédula de ciudadanía n°1726913179, y **Mungabusi Jinde, Bryan Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 1804847034, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **Incremento de un conjunto de baterías de litio para mejorar la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Gutierrez Gualotuña, Alex Javier

C.C.: 172691317-9

Mungabusi Jinde, Bryan Alexander

C.C.: 180484703-4



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Gutierrez Gualotuña, Alex Javier**, con cédula de ciudadanía n°1726913179, y **Mungabusi Jinde, Bryan Alexander**, con cédula de ciudadanía n°1804847034, autores del trabajo de unidad de integración curricular: **Incremento de un conjunto de baterías de litio para mejorar la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el Repositorio Institucional: el registro bibliográfico, el resumen y la dirección web indexada en la revista.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Gutierrez Gualotuña, Alex Javier

C.C.: 172691317-9

Mungabusi Jinde, Bryan Alexander

C.C.: 180484703-4

Dedicatoria

Este trabajo es el reflejo de cada conocimiento adquirido durante mi formación académica en donde si es cierto he tenido altibajos, pero al proponerme a seguir hacia delante con dedicación, motivación, amor a lo que me gusta hacer y con aquellas palabras inspiradoras que me alentaron a seguir caminando hasta el día de hoy, no hubiese logrado alcanzar lo que estoy consiguiendo y lo que quiero llegar a conseguir.

Es por esta razón que quiero dedicar este trabajo principalmente a la mujer que me dio la vida, mi madre Elizabeth, quien desde niño me ha educado con todo su amor en base a sus valores y principios convirtiéndome en la persona que hoy en día soy, además que, gracias a su gran esfuerzo y dedicación por verme salir adelante, he aprendido que si uno se propone una meta podemos conseguirla.

También dedicar este trabajo a mi querido padre Mauricio, quien me educo y enseñó a ser una gran persona como lo es él hoy en día. Su gran anhelo es que sus hijos seamos unos grandes profesionales, algo que él no pudo conseguirlo en su momento.

De la misma manera quiero dedicar este trabajo a mis hermanos, quienes me han brindado todo su apoyo incondicional no solo para conseguir esta meta, sino también para no desviarme del camino y no limitar el sueño de ser una persona profesional.

Gutierrez Gualotuña Alex Javier

Agradecimiento

Iniciar agradeciendo a Dios por ser él que ha guiado mi vida, me ha dado la fortaleza y la motivación para seguir con constancia hacia delante y de permitir tener a mi familia unida, quienes han sido el motor fundamental para poder cumplir cada meta que me he propuesto, en el cierre de este arduo, pero enriquecedor camino académico, me complace expresar mi profundo agradecimiento a quienes han contribuido de manera significativa a la realización de este gran proyecto me ha dado la fortaleza y la motivación para seguir con constancia hacia delante y de permitir tener a mi familia unida, quienes han sido el motor fundamental para poder cumplir cada meta que me he propuesto.

Agradecer a mis padres que con su educación, trabajo, esfuerzo y dedicación me han enseñado a no rendirme y de esta manera principalmente formarme como un ser humano con valores y principios para alcanzar la meta de ser un profesional, por lo que espero recompensarles a diario todo lo que han hecho por mí.

Agradezco también a mi familia y amigos, quienes han sido mi red de apoyo durante este viaje. Su aliento y comprensión han sido mi ancla en momentos de desafío y celebración. Cada palabra de aliento ha significado más de lo que las palabras pueden expresar.

Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que han compartido su sabiduría, paciencia y aliento a lo largo de esta travesía académica. Mi gratitud hacia ustedes es inmensa.

Gutierrez Gualotuña Alex Javier

Dedicatoria

En este proyecto de investigación expresa el conocimiento obtenido durante mi formación académica en donde si es verdad he tenido momentos de adversidad, pero al proponerme a luchar por un sueño con dedicación, amor y sobre todo con mucha motivación y con aquellas palabras que me impulsaba a seguir adelante hasta el día de hoy, mi mayor felicidad es tener a mi hermosa familia que me impulsa a perseguir mis sueños.

En esta parte quiero dedicar este trabajo de investigación, a mi madre Nancy que me ha sabido apoyar desde el momento que me trajo al mundo y ha estado guiándome en el trayecto de mi vida enseñando valores y principios muy importantes para ser una buena persona y así poder logra alcanzar cada uno de mis sueños. Sus palabras alentadoras que si alguna vez te caes vuélvete a levantar con mucho entusiasmo y ñeque para alcázar lo que se propone.

A mi querido padre Aníbal que desde el cielo me ilumina para seguir con mis proyectos quiero que se sienta muy feliz de donde estoy y a donde puedo llegar.

También dedico a mi pequeño Dariel y a mi hermano Andrés quién ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos. De la misma manera la dedico a mi novia Erika que con su comprensión y su motivación de nunca rendirme para lograr alcanzar una vida profesional.

Mungabusi Jinde Bryan Alexander

Agradecimiento

En primer lugar, doy gracias a Dios, por la vida, la salud y la familia donde me ha permitido llegar a este momento tan importante en mi vida. Por los logros y los momentos difíciles que se me presentaron en el camino de mi vida donde he podido salir adelante y así también donde la perseverancia es la clave del éxito.

Un profundo agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por abrir las puertas y permitir adquirir el conocimiento necesario para mejorar mi desempeño en la formación Profesional.

El grato agradecimiento a los docentes por su paciencia, amistad y enseñanzas de sus conocimientos científicos que lo he llevado con una profunda dedicación en el camino de este proceso, donde he logrado obtener este importante objetivo como lo es la culminación y el desarrollo de mi proyecto exitosamente.

A mis padres Nancy Jinde, Aníbal Mungabusi y a mi hermoso pequeño Dariel Mungabusi quienes fueron el pilar fundamental a lo largo de mi carrera, donde fueron parte de mis triunfos durante el proceso de mis Estudios universitarios.

Mungabusi Jinde Bryan Alexander

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de Verificación de Contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido.....	10
Índice de figuras	14
Índice de tablas	16
Resumen.....	17
Abstract	18
Capítulo I: Anteproyecto.....	19
Antecedentes.....	19
Planteamiento del problema.....	21
Justificación	22
Objetivos.....	22
<i>Objetivo General</i>.....	22
<i>Objetivos Específicos</i>.....	22

Alcance	23
Capítulo II: Marco Teórico	24
Vehículo eléctrico.....	24
Componentes del vehículo eléctrico	25
<i>Sistema de frenado regenerativo</i>	25
Inversor	25
El cargador o conector	25
<i>Batería Eléctrica</i>	26
Pila eléctrica	26
Batería de litio	27
<i>Componentes de una batería de ion litio</i>	28
Autonomía	28
<i>Cálculo de la autonomía de un VE</i>	29
Batería.....	29
<i>Tipos de batería</i>	30
Baterías de ion litio.	31
<i>Carga y descarga</i>	32
Baterías de polímero de litio (LiPo).....	32
BMS	33
<i>Protección de la celda</i>	34
<i>Control de carga</i>	35

<i>Determinación del SOC</i>	35
<i>Determinación de SOH</i>	35
<i>Equilibrio de celdas</i>	35
<i>Autenticación e identificación en un BMS</i>	36
<i>Comunicaciones</i>	36
Funciones del BMS	36
Interruptor termo magnético	37
<i>Funcionamiento</i>	38
<i>Características de un circuito en serie</i>	39
Capítulo III: Implementación del pack de baterías	42
Instalación	44
<i>Modificación de la base para la batería</i>	44
<i>Fabricación de conectores para la unión de celdas</i>	45
Capítulo IV: Pruebas de Funcionamiento	52
Trazo de ruta	53
Pruebas de potencia	53
Prueba de velocidad	55
Prueba de autonomía	55
Trayecto realizado en el prototipo	57
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	59
Conclusiones	59

Recomendaciones.....	60
Bibliografía	61
Anexos.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Vehículo eléctrico</i>	24
Figura 2 <i>Esquema eléctrico de carga</i>	26
Figura 3 <i>Pila estructura</i>	27
Figura 4 <i>Esquema de funcionamiento de una batería de ion litio</i>	28
Figura 5 <i>Batería</i>	30
Figura 6 <i>Composición química de la batería ácido-plomo</i>	31
Figura 7 <i>Diagrama esquemático de una batería de Iones de Litio</i>	32
Figura 8 <i>Sistema de control BMS para baterías de iones de litio</i>	34
Figura 9 <i>Interruptor termomagnético</i>	37
Figura 10 <i>Mecanismo magnético</i>	38
Figura 11 <i>Circuito en serie</i>	39
Figura 12 <i>Esquema de voltaje</i>	40
Figura 13 <i>Prototipo SAE con batería ion de litio</i>	44
Figura 14 <i>Extracción de la batería Antigua del prototipo SAE eléctrico</i>	44
Figura 15 <i>Proceso de Soldadura de la nueva base del pack de baterías</i>	45
Figura 16 <i>Diseño de la base para la nueva batería</i>	45
Figura 17 <i>Corte de barra de bronce para unión de celdas</i>	46
Figura 18 <i>Perforación en la barra de bronce para la unión de celdas</i>	46
Figura 19 <i>Base de acrílico para baterías</i>	47
Figura 20 <i>Colocación de las celdas</i>	47
Figura 21 <i>Unión de celdas con placas de cobre</i>	48
Figura 22 <i>Conexión de las celdas en serie</i>	48
Figura 23 <i>Cables de conexión de la batería</i>	49
Figura 24 <i>Conexión del breaker</i>	49
Figura 25 <i>Conexión de cables del BMS a la batería</i>	50

Figura 26 <i>Conexión del BMS</i>	50
Figura 27 <i>Software para configurar el BMS</i>	51
Figura 28 <i>Datos de la batería</i>	51
Figura 29 <i>Pruebas de protocolo del fórmula SAE</i>	52
Figura 30 <i>Pista Kartodromo de Cotopaxi</i>	53
Figura 31 <i>Gráfica de Potencia</i>	54
Figura 32 <i>Gráfica voltaje/corriente</i>	55
Figura 33 <i>Inicio de trayecto del prototipo</i>	57
Figura 34 <i>Trayecto prototipo curvas</i>	57
Figura 35 <i>Trayecto en desniveles</i>	58
Figura 36 <i>Trayecto de prototipo en obstáculos</i>	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Funciones básicas del BMS</i>	36
Tabla 2 <i>Selección de baterías</i>	42
Tabla 3 <i>Datos técnicos del pack de baterías</i>	43
Tabla 4 <i>Datos prueba de potencia</i>	54
Tabla 5 <i>Tabla Pruebas de funcionamiento en la trayectoria Niágara</i>	56
Tabla 6 <i>Pruebas de funcionamiento en la pista de karting</i>	56

Resumen

En el presente proyecto se implementó un nuevo pack de baterías en un prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. El propósito de esta iniciativa consiste en aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así como en introducir el uso de fuentes de energía alternativas en los vehículos de competición de esta índole. En este contexto, se llevó a cabo una exhaustiva investigación teórica sobre los vehículos eléctricos, la cual permitirá efectuar un análisis de la autonomía del mencionado vehículo, con el objetivo de seleccionar los componentes más idóneos para su implementación en el prototipo. En la selección de baterías se realizaron comparaciones con el fin de seleccionar la ideal para un mejor rendimiento y autonomía de acuerdo a las exigencias que requiera el prototipo. La implementación de este proceso inició con la fundamentación de la nueva batería, que involucró la adaptación de soportes específicos para la misma. Además, se llevaron a cabo modificaciones en las conexiones internas y externas de la batería, así como en el cableado, con el propósito de establecer una conexión eficaz con el controlador y el motor, elementos cruciales para el funcionamiento apropiado del vehículo. Por último, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento para evaluar el rendimiento del vehículo en condiciones operativas.

Palabras claves: Vehículo de competición formula SAE eléctrico, energías alternativas, rendimiento y autonomía eléctrica.

Abstract

In this project, a new battery pack was implemented in a prototype of an electric SAE formula competition vehicle for the Higher Technology Course in Automotive Mechanics at the University of the Armed Forces ESPE. The purpose of this initiative is to apply the knowledge acquired throughout the race, as well as to introduce the use of alternative energy sources in competition vehicles of this type. In this context, an exhaustive theoretical research on electric vehicles was carried out, which will allow an analysis of the autonomy of the aforementioned vehicle, with the aim of selecting the most suitable components for implementation in the prototype. In the selection of batteries, comparisons were made in order to select the ideal one for better performance and autonomy according to the demands required by the prototype. The implementation of this process began with the foundation of the new battery, which involved the adaptation of specific supports for it. In addition, modifications were carried out in the internal and external connections of the battery, as well as in the wiring, in order to establish an effective connection with the controller and the motor, crucial elements for the proper operation of the vehicle. Finally, functional tests were carried out to evaluate the performance of the vehicle under operating conditions.

Key words: Electric SAE formula competition vehicle, alternative energies, performance and electric autonomy.

Capítulo I

Anteproyecto

Antecedentes

A pesar de que los vehículos eléctricos han ganado prominencia en los últimos años, es importante destacar que su concepción precede a la era de los automóviles equipados con motores de combustión interna. Estos vehículos eléctricos alcanzaron notoriedad a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, hasta que la proliferación de vehículos con motores de combustión interna modificó la dinámica del mercado automotriz. En consonancia con este desarrollo, se llevó a cabo la innovación de una batería de iones de litio, un dispositivo compuesto por dos o tres celdas conectadas en serie o en paralelo, diseñado para almacenar electricidad. Este dispositivo utiliza sal de litio como electrolito para propiciar la reacción necesaria entre el cátodo de iones y el ánodo.

No obstante, el renacer en la producción de vehículos eléctricos adquirió mayor prominencia en la década de los años noventa. Como resultado, diversas naciones iniciaron la adopción de normativas y legislaciones destinadas a fomentar el desarrollo innovador de esta tecnología, que, a su vez, aboga por un entorno más sostenible desde el punto de vista medioambiental. Se anticipa que, en un futuro cercano, los vehículos eléctricos se consolidarán como el medio de transporte preponderante. En consecuencia, con el aumento de la competencia, se proyecta que estos vehículos superarán a los motores de combustión interna en los próximos años.

Según Guanoluisa y Bustos (2022), en su proyecto final de grado titulado: “Implementación de un pack de baterías recicladas de ion-litio en una motoneta eléctrica de la carrera de ingeniería automotriz”, se ha podido concluir que la batería tiene una autonomía superior a la que originalmente tenía la motoneta con las baterías de plomo ácido, además se concluye que esta batería de segunda vida durará mucho tiempo.

Fueron un total de 91 celdas sometidas a la prueba de carga y descarga que se utilizaron para la construcción de la batería, todas cumplieron satisfactoriamente las características de estado de vida (SoH) y de eficiencia coulombica (CE), demostrando que se puede aprovechar estas baterías desechadas de laptops en nuevas aplicaciones que requieran de baterías de litio con un proceso de elaboración barato y contribuyendo al medio ambiente.

Según Uzhca y Yupa (2018), en su proyecto final de grado titulado: “Dimensionamiento de un banco de baterías ion litio como sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica”, se ha podido deducir, el análisis de los diversos tipos de baterías fue necesario para el diseño y construcción de un prototipo de batería recargable, para lo cual se realizó una serie de procesos que se iniciaron con la adquisición de las baterías, revisión del año de fabricación, desmontaje limpieza, medición de las celdas, para realizar la carga y descarga de celdas y con los respectivos datos se realizó los arreglos de serie y paralelos para finalmente armar el banco que se conectó al BMS, todos estos pasos garantizó resultandos favorables.

Según Esquivel y Mendoza (2013), en su trabajo final de grado titulado: “Aumento en la autonomía de la batería de un vehículo de tracción eléctrica a través de calor”, se pudo entender que la energía entregada a la batería dependerá de la cantidad de calor que absorban del sistema de frenado y así se puede generar baterías para mayor potencia y eficaz.

La energía entregada a la batería dependerá de la cantidad de calor que absorban los termopares, por lo que si el conductor estuviera involucrado dentro de un tráfico con poco avance y la-batería estuviera aportando energía con poca movilidad vehicular, obtendrían una aportación considerable de energía, pues los discos de freno se encuentran a temperaturas demasiado altas y constantes. Por lo que no sería tan malo estar dentro del tráfico.

En resumen, las baterías de ion litio son la mejor opción para la implementación en los vehículos eléctricos, ya que con estas baterías podemos obtener mayor autonomía y potencia.

Planteamiento del problema

En la ciudad de Latacunga en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica automotriz se ha identificado una limitación en la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico, este inconveniente se atribuye a la insuficiencia de amperaje disponible en la batería, lo que afecta la capacidad de proporcionar la potencia máxima requerida para el funcionamiento óptimo del motor.

Desde la presentación del proyecto anterior, se llevó a cabo un análisis y se incentivaron pruebas adicionales que indicaron que el rendimiento del mismo no alcanza una autonomía adecuada con respecto a las necesidades establecidas. La insuficiencia de potencia identificada podría derivarse de la limitada capacidad de almacenamiento de las baterías actualmente utilizadas.

Según (Energy, 2015) el rendimiento de un vehículo eléctrico depende principalmente de la cantidad de energía que el controlador puede extraer de la batería. La batería de alto voltaje debe ser capaz de mantener la performance del vehículo, por lo tanto, la misma debe ser dimensionada acorde a los requerimientos de la pista y de las características del vehículo tales como el peso y la potencia del motor, esto con el fin de evitar inconvenientes como falta de autonomía o escasez de potencia del motor.

Por tanto, los vehículos eléctricos son una gran oportunidad para mejorar la calidad del medio ambiente ahora y en el futuro, ya que su propulsión “electricidad” puede obtenerse de fuentes renovables como: (eólica, solar, hídrica, biomasa y biogás), de esta forma se abandona el uso de motores de combustión interna convencionales de los motores eléctricos, con lo que no se producen emisiones nocivas y se mejoran las condiciones ambientales.

Por ende, un vehículo eléctrico se presenta como una opción altamente propicia en el contexto actual y prospectivo, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental. Esto se fundamenta en el hecho de que su fuente de propulsión, es decir, la electricidad, puede ser derivada de fuentes energéticas renovables, tales como la energía eólica, solar, hidráulica,

biomasa y biogás. De esta manera, se sustituye el empleo de un motor de combustión interna convencional por un motor eléctrico, generando así la ausencia total de emisiones perjudiciales y estableciendo una conexión más favorable con el entorno ambiental.

Justificación

El presente proyecto tiene como finalidad realizar la implementación de baterías de litio en el vehículo de competición fórmula SAE, para mejorar la autonomía y potencia. Proyecto en el cual será empleará una investigación amplia, además de poner en práctica los conocimientos teóricos prácticos adquiridos durante la carrera y de esta manera obtener resultados positivos en las pruebas de autonomía y potencia.

Con esto logramos, enfatizar la importancia de la implementación de este tipo de baterías en los vehículos eléctricos y obtener aspectos positivos en la autonomía del vehículo.

Objetivos

Objetivo General

- Implementar un conjunto de baterías de litio para mejorar la autonomía del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Objetivos Específicos

- Investigar los tipos de baterías que se pueden emplear en el prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico según sus características y beneficios.
- Implementar el conjunto de baterías en el prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico.
- Realizar pruebas y análisis de resultados para constatar el correcto funcionamiento y autonomía del vehículo SAE eléctrico.

Alcance

El objetivo de este proyecto es contribuir a la investigación e innovación tecnológica, mediante la implementación de un pack de baterías de litio-ferrofosfato (LiFePO₄) para el incremento de la potencia y autonomía en el vehículo de competición formula SAE eléctrico, que permita comprender las consecuencias económicas y medioambientales de implementar las baterías de litio-ferrofosfato (LiFePO₄) para vehículos eléctricos o híbridos. Con esto podemos lograr un gran incremento en la autonomía del vehículo SAE eléctrico.

Capítulo II

Marco Teórico

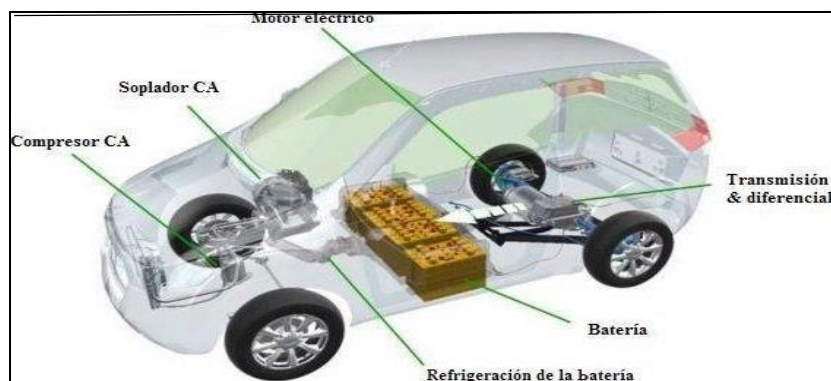
Vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos son un tipo de vehículo, que funcionan con un aporte de energía, a través de motores de propulsión electromagnéticos. Estos sistemas pueden disponer de un motor de combustión interna, como generador eléctrico para cargar las baterías (Marín, 2019, p.61).

Según Montecelos (2019) , refiriendose a los motores de los vehículos eléctricos, afirmó que “Estos vehículos son tratados como vehículos (híbridos), así como los demás vehículos eléctricos que no cuentan con MCI como generador eléctrico; Estos vehículos se consideran 100% eléctricos (EV). Un coche eléctrico es un vehículo impulsado por uno o más motores eléctricos que utilizan las energías eléctricas almacenadas en baterías recargables y la trasforman en energía mecánica”. (p.10)

Figura 1

Vehículo eléctrico



Nota. En la figura 1 se representa la estructura del vehículo eléctrico. Tomado de Wilberforce y Hassan (2017)

Componentes del vehículo eléctrico

Sistema de frenado regenerativo

El frenado regenerativo es un sistema que se basa en la recuperación de la energía cinética de un vehículo al reducir la velocidad, convirtiéndola en electricidad. En el caso de los automóviles eléctricos e híbridos, esta energía se almacena en la batería para reutilizarla cuando sea necesario (Yoong et al., 2010, pp. 40-45).

Según Díez (2019), refiriéndose al freno regenerativo y su funcionamiento, sostiene que “Un freno regenerativo es un dispositivo que aprovecha parte de la energía cinética de la frenada y la transforma en energía eléctrica. Es necesario conocer los antecedentes del sistema de frenado de los vehículos con motor de combustión interna, el cual consiste en convertir parte de la energía cinética en energía térmica durante el proceso de frenado, por lo que se pierde parte de la energía. Sin embargo, un coche eléctrico utiliza la mencionada energía de frenado para cargar las baterías, por lo que el sistema de frenado de los coches eléctricos es un sistema de frenado regenerativo” (p. 13).

Inversor

“Inversor, es un dispositivo electrónico cuyo trabajo es convertir la corriente continua en corriente alterna y generar energía almacenada en baterías para un motor eléctrico y realizar las transformaciones necesarias para ajustarla según voltaje y longitud de onda” (Díez, 2019, p. 13).

El cargador o conector

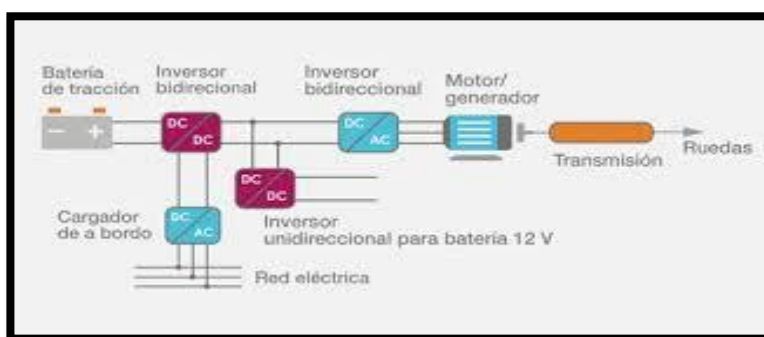
“Cargador, es un elemento que absorbe energía de la red eléctrica y la entrega al vehículo, transformando la corriente alterna en corriente continua para cargar las baterías. Las baterías se clasifican según el estado de carga que soportan” (Díez, 2019, p. 14).

Batería Eléctrica

Según Bayón (2020), refiriéndose a las propiedades y funcionamiento de las baterías eléctricas, sostiene que “Es el elemento que almacena la energía mediante reacciones electroquímicas y que alimentará más tarde el motor para su correcto funcionamiento. Según la capacidad de almacenamiento, la batería será de mayor o menor tamaño y se compondrá de unos determinados materiales, que aportarán unas series de características determinantes para cada tipo de vehículo” (p. 54).

Figura 2

Esquema eléctrico de carga



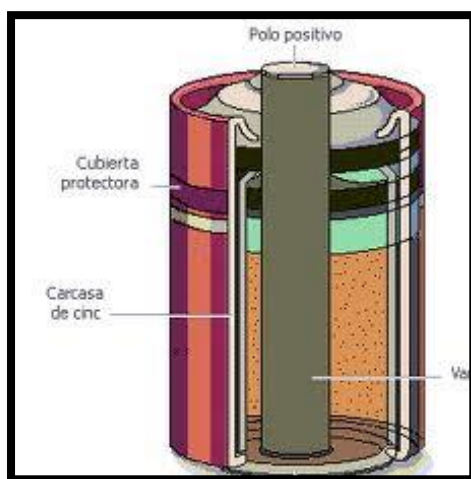
Nota. En la figura 2 se muestra el esquema de carga de un vehículo eléctrico. Tomado de Murias, D. (2020).

Pila eléctrica

Las baterías son dispositivos que permiten obtener energía eléctrica mediante la conversión de energía química. Las pilas y acumuladores se utilizan en transistores, juguetes, linternas, relojes, ordenadores, cámaras, teléfonos móviles, etc. Las pilas y acumuladores contienen algunos metales pesados como mercurio, cadmio o plomo, que son potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente. Por ello, se consideran residuos peligrosos y están sujetos a una recogida y tratamiento específicos (Gándara y Lubo, 2019, p. 111).

Figura 3

Pila estructura



Nota. En la figura 3 se observa cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Tomado de Pérez (2008).

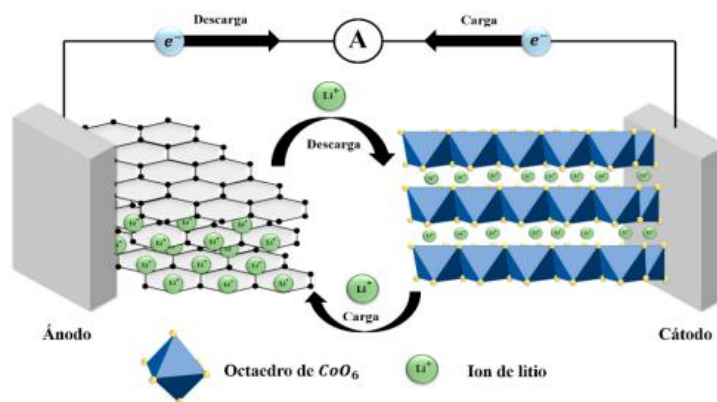
Batería de litio

Las baterías de iones de litio siguen siendo uno de los tipos más avanzados de baterías recargables y se han convertido en la fuente de energía móvil dominante para pequeños dispositivos electrónicos como teléfonos móviles y portátiles. Sin embargo, la demanda de baterías de iones de litio con mayor capacidad de descarga y densidad energética ha crecido rápidamente, especialmente en relación con la demanda de vehículos eléctricos (Barbón, 2018, p. 65).

Según Rodríguez y Ortiz (2020), refiriéndose al funcionamiento de las baterías de ion litio, las define de esta forma "Se define como batería de ion litio, al dispositivo empleado para el almacenamiento de energía eléctrica, en el cual iones de litio se desplazan del ánodo de la batería hacia el cátodo durante el proceso de descarga, a través de un electrolito que posee, de igual manera, iones litio en su composición. Corresponden a una familia de baterías recargables empleadas extensamente y que han recibido mucha atención en los últimos años debido a su largo ciclo de vida y sus altas densidades energéticas" (p. 2)

Figura 4

Esquema de funcionamiento de una batería de ion litio



Nota. En la figura 4 se observa el esquema de funcionamiento de una batería de ion litio.

Tomado de Rodríguez y Ortiz (2020).

Componentes de una batería de ion litio

Según Rodríguez y Ortiz (2020), refiriéndose a los componentes de las baterías de ion litio, señala que “Los materiales involucrados en el proceso de fabricación de una batería de ion litio consisten, en general, en óxidos metálicos muy variados para la construcción del cátodo, algún compuesto de carbono para el ánodo, usualmente grafito. Y para el electrolito, sales de litio disueltas en solventes orgánicos. Existen diferentes geometrías empleadas para su construcción, siendo las más comunes, la geometría cilíndrica, prismática, y las baterías con celda tipo botón, o, moneda. Todas estas elaboradas con una cubierta de aluminio sellada y un electrolito líquido” (p. 183).

Autonomía

La autonomía de un vehículo, se refiere a la distancia que un vehículo puede recorrer con un solo tanque de combustible, una batería llena u otra forma de almacenamiento de energía. En los vehículos eléctricos, la distancia recorrida se mide en kilómetros o millas que el vehículo puede recorrer con la batería completamente cargada (Valera, 2011, p. 61).

Según Martínez (2019), en sus investigaciones, señala que el cálculo de la autonomía en los vehículos eléctricos (VE) europeos, se realiza bajo los siguientes aspectos “Para calcular la autonomía que puede ofrecer un coche eléctrico (VE) en circunstancias normales, existen pruebas estándares que tratan de imitar una circulación ordinaria, tanto en ciudad como en carretera. En Europa se utiliza el conjunto de pruebas denominado Ciclo WLTP, que deben pasar todos los nuevos modelos antes de lanzarse al mercado. Las pruebas son las mismas para todos los modelos, de tal manera que permiten comparar sus cifras de autonomía en igualdad de condiciones” (p. 9).

Cálculo de la autonomía de un VE

Para calcular la autonomía de un vehículo eléctrico (VE) implica considerar varios factores clave: la capacidad de la batería y el consumo específico del vehículo. De esta forma se puede conocer cuantos kilómetros puede recorrer un VE, con una carga completa. (Vargas, 2022, pp. 63-175).

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{CAPACIDAD DE LA BATERÍA}}{\text{CONSUMO ESPECÍFICO DE LA ENERGÍA}}$$

Donde:

- Capacidad de la Batería se mide en kilovatios-hora (kWh) y representa la cantidad total de energía que puede almacenar la batería del vehículo eléctrico.
- Consumo Específico de Energía se mide en kilovatios-hora por kilómetro (kWh/km) y representa la cantidad de energía necesaria para recorrer una distancia de un kilómetro.

Batería

Una batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía en forma de electricidad y la libera cuando es necesario. Consta de una o más celdas electroquímicas, que son unidades que transforman la energía química en energía eléctrica mediante reacciones

redox (reducción-oxidación). Cada celda electroquímica consta de dos electrodos (ánodo y cátodo) sumergidos en un electrolito (Rodríguez y Lafoz, 2013, p. 18).

Según Ondarse (2021), refiriéndose a la capacidad de carga de una batería señala que “Las baterías poseen una capacidad de carga determinada por la naturaleza de su composición y que se mide en amperios-hora (Ah), lo que significa que la pila puede dar un amperio de corriente a lo largo de una hora continua de tiempo. Mientras mayor sea su capacidad de carga, más corriente podrá almacenar en su interior” (p. 2).

Figura 5

Batería



Nota. Esta figura 5 se expone un modelo de batería de LiFePO para automotores. Tomado de Natura energy (Mayo 2023).

Tipos de batería

Las baterías están en constante evolución, con investigaciones continuas para mejorar la eficiencia, la vida útil y la sostenibilidad. Cada tipo de batería tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección depende de la aplicación específica y los requisitos de rendimiento (Gonzales, 2015, p. 45).

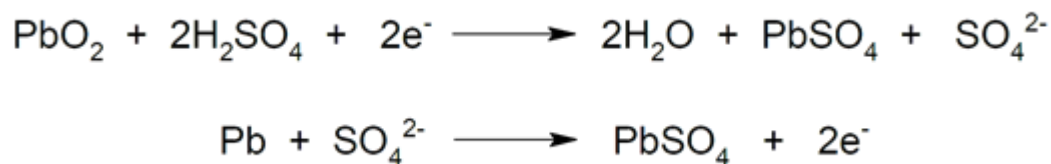
Los tipos de baterías clasificar en: baterías alcalinas, baterías de ácido plomo, baterías de ion litio, baterías de polímero de litio (LiPo), y baterías de litio-ferro fosfato. A continuación, sus características principales:

Baterías alcalinas. Comúnmente desechables. Emplean hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. La reacción química que produce energía ocurre entre el zinc (Zn, ánodo) y el dióxido de manganeso (MnO₂, cátodo). Son pilas sumamente estables, pero de corta vida (Martínez, 2017, p. 57).

Baterías de ácido-plomo. Comunes en vehículos y motocicletas. Son pilas recargables que cuando están cargadas poseen dos electrodos de plomo: un cátodo de dióxido de plomo (PbO₂) y un ánodo de plomo esponjoso (Pb). El electrolito empleado es ácido sulfúrico (H₂SO₄) en solución acuosa. Por otra parte, cuando la batería está descargada el plomo se encuentra en forma de sulfato de plomo (II) (PbSO₄) depositado en plomo metálico (Pb). Entonces, durante la carga inicial el PbSO₄ se reduce a Pb en las placas negativas, y se forma PbO₂ en las positivas. En este proceso el plomo se oxida y se reduce a la vez (CCA, 2014).

Figura 6

Composición química de la batería ácido-plomo



Nota. En la figura 6 se observa la composición química de la batería ácido-plomo. Tomado de Álvarez (2016)

Baterías de ion litio.

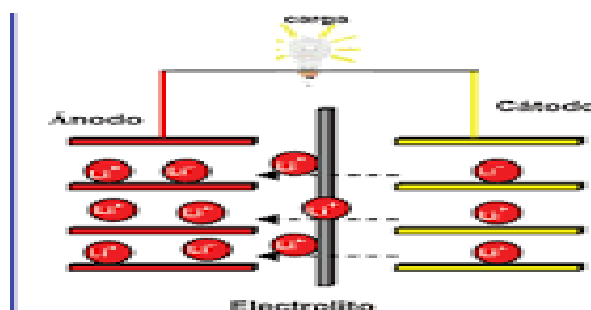
La reacción electroquímica reversible entre ánodo y cátodo en las baterías Li-Ion se consigue mediante un electrolito de sal de litio. Principalmente la gran ventaja de las baterías de litio es que son más ligeras que las baterías que utilizan el plomo, por lo que su utilización es la que se ha generalizado para el desarrollo de los coches eléctricos y electrificados equipados con paquetes de baterías de gran tamaño. (Quintero, 2021, p. 89)

Carga y descarga.

Según Pico y Pazmiño (2021), en sus estudios sobre el proceso de carga y descarga en una batería de ion litio, explica que “Cuando se conecta a una fuente de alimentación para ser cargada, el circuito eléctrico del conjunto es cerrado. Esto activa una reacción química que provoca la circulación de partículas ionizadas de un electrodo a otro, arrastrando la producción de electrones a los bornes de la batería. Es decir, la producción de corriente. En cambio, si se conecta un cargador a los bornes de la batería, se produce un proceso químico inverso. Las partículas circulan entonces en la otra dirección, y la batería se recarga”. (pp. 83-91)

Figura 7

Diagrama esquemático de una batería de lones de Litio



Nota. En la figura 7 se observa el diagrama esquemático de una batería de lones de Litio.

Tomado de Isasi (2016)

Baterías de polímero de litio (LiPo).

Son una variación de las ordinarias baterías de litio, presentan mejor densidad de energía y mejor tasa de descarga, pero presentan el inconveniente de quedar inutilizadas si pierden su carga por debajo del 30%, por lo que es fundamental no dejar que se descarguen completamente. También pueden sobrecalentarse y explotar, por lo que es muy importante nunca dejar pasar demasiado tiempo hasta mirar la batería, o siempre mantenerla en un lugar seguro lejos de sustancias inflamables (García, 2020, pp. 10-16).

Batería de litio-ferro fosfato.

Una batería de litio-ferro fosfato o batería LFP es un tipo de batería recargable, concretamente una batería de ion-litio con un cátodo de fosfato de hierro-litio: LiFePO_4 . Las baterías LiFePO_4 presentan una densidad energética algo menor que las más comunes de LiCoO (Quintero, 2021, pp. 14-22).

Una ventaja importante sobre otras químicas de iones de litio es su estabilidad química y térmica, que mejora la seguridad de la batería. LiFePO_4 contiene materiales catódicos que son inherentemente más seguros que LiCoO_2 y LiMn_2O_4 . LiFePO_4 tiene una estructura similar, lo que significa que las baterías LiFePO_4 son estructuralmente más estables que las baterías LiCoO_2 , por lo que pierden menos capacidad cuando se someten a ciclos de carga y descarga y tienen una vida útil 10 veces más larga en comparación con otros compuestos.

La batería de Litio / Fosfato de Hierro es una batería de iones de Litio que utiliza FePO_4 como material catódico.

Las ventajas que poseen este tipo de baterías son:

- Durante su vida útil no requieren mantenimiento.
- Mantienen toda su potencia hasta el mismo momento de la descarga.
- Son bastante seguras, ya que no explotan o incendian con sobrecargas.
- Su vida útil se encuentra entre los 2, 000 y 3, 000 ciclos durante 6 a 7 años.

BMS

Algunas definiciones, sobre el BMS como un sistema de diagnóstico de una batería eléctrica, serían:

El BMS es un componente que permite obtener información sobre el estado de una batería mediante el monitoreo de corriente y voltaje de entrada y salida, temperatura, resistencia, pérdida de energía, sistemas de control de carga y descarga y control de gestión de energía. Su principal función es controlar la carga y descarga de cada una de las celdas;

este componente en realidad es de gran ayuda para el pack de batería y así poder conservar la vida útil de este almacenamiento de energía (Díaz y Suárez, 2023, pp. 23-28).

Figura 8

Sistema de control BMS para baterías de iones de litio



Nota. En la figura 8 se observa un sistema de control BMS para baterías de iones de litio.

Tomado de Richaccu (mayo 2000).

Estos sistemas abarcan no solo el monitoreo y la protección de la batería, sino también métodos para mantenerla lista para la entrega de plena potencia cuando se requiera y métodos para prolongar su vida útil abarcando desde el control del régimen de carga hasta el mantenimiento planificado (Díaz y Suárez, 2023, pp. 23-28).

Para un ingeniero automotriz, el sistema de gestión de la batería corresponde un componente de un sistema de gestión energética de rápida acción mucho más complejo que tiene que interactuar con otros sistemas, como la gestión del motor, climatización, comunicaciones y los sistemas de seguridad (Pérez y Acosta, 2022, pp. 47-61).

Para alcanzar estos objetivos, el BMS puede traer consigo una o más de las siguientes funciones:

Protección de la celda

La protección de la batería de condiciones de funcionamiento fuera de tolerancia es fundamental para todas las aplicaciones de BMS. En la práctica, el BMS debe proporcionar una protección celular completa para cubrir casi cualquier eventualidad. Operar una batería fuera de

sus límites de diseño especificados conducirá inevitablemente a fallas en la batería. Aparte del inconveniente, el costo de reemplazar la batería puede ser prohibitivo. Esto es particularmente cierto para las baterías automotrices de alto voltaje y alta potencia que deben operar en entornos hostiles y que al mismo tiempo están sujetas a abuso por parte del usuario.

(Guanoluisa y Bustos, 2022, p. 26)

Control de carga

Esta es una característica esencial del BMS. La mayoría de las baterías se deterioran debido a una carga inadecuada que por cualquier otro factor.

Determinación del SOC

En varias aplicaciones se necesita un conocimiento del estado de carga (SOC) de la batería o de cada celda dentro de la cadena que forman la batería. Su uso puede ser simplemente para indicar al usuario de la capacidad que queda en la batería, también se puede necesitar en un circuito de control para garantizar un control adecuado del proceso de carga.

(Guanoluisa y Bustos, 2022, p. 26)

Determinación de SOH

El estado de salud (SOH) mide la capacidad de una batería de entregar su salida especificada. Esto es primordial para evaluar la preparación de los equipos de energía de emergencia y es un indicador de si se deben realizar o no acciones de mantenimiento.

(Guanoluisa y Bustos, 2022)

Equilibrio de celdas

En cadenas de baterías con celdas múltiples, las mínimas diferencias entre celdas por tolerancias de producción o las condiciones de funcionamiento, se pueden incrementar con cada ciclo de carga / descarga. Las celdas más débiles se sobrecargan durante la carga, por lo que se debilitan todavía más, hasta llegar a fallar y provocar un deterioro prematuro de la batería. Equilibrar las celdas es una manera de compensar las celdas más débiles, ya que se

igual a la carga en todas las celdas de la cadena y se extiende la vida útil de la batería.

(Guanoluisa y Bustos, 2022, p. 26)

Autenticación e identificación en un BMS

El BMS también permite registrar información sobre la celda, datos propios del tipo del fabricante y la química de la celda, lo cual facilita las pruebas 27 automáticas, el número de lote o serie y la fecha de fabricación, permitiendo la trazabilidad en caso de fallas de la celda.

(Guanoluisa y Bustos, 2022, pp. 26-27)

Comunicaciones

Gran parte de los sistemas BMS incluyen algún tipo de comunicación entre la batería y el cargador o equipo de prueba. Algunos están entrelazados a otros sistemas que interactúan con la batería con el fin de llevar un monitoreo de su estado o su historial. También son necesarias interfaces de comunicaciones para permitir al usuario acceder a la batería y modificar los parámetros del BMS o realizar diagnósticos y pruebas. (Guanoluisa y Bustos, 2022, p. 28)

Funciones del BMS

Tabla 1

Funciones básicas del BMS

Monitorear el estado de la batería: comprueba el voltaje de cada celda, tomas periódicas como temperatura de todas las celdas de la batería y el estado de carga.

Controla la recarga: de la batería ayuda de forma efectiva para redirigir la energía recuperada hacia el paquete de baterías.

Calcular los valores: una de las funciones más primordiales del BMS es calcular la corriente de carga máxima, corriente de descarga máxima y a su vez la energía entregada desde el último ciclo de carga o la última carga y total de funcionamiento

Proteger la batería: evitar las sobrecarga o sobretensiones durante el ciclo de carga y el exceso de temperatura

Mejorar el rendimiento de la batería: ayuda a maximizar la capacidad para evitar las cargas excesivas y cargas insuficientes.

Nota. En la tabla 1 se muestra los datos tomados de: Rentingfinders (febrero 2024). Battery Management System (Sistema de Gestión de Baterías), <https://rentingfinders.com/glosario/bms/>

Interrupor termo magnético

Un interruptor termomagnético, también conocido como breaker, es un dispositivo de maniobra y protección, capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando existen valores de intensidad superiores al nominal. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). (Rojas Choque, 2019, p. 78)

Una vez que se detecta una falla, los contactos en el termomagnético deben abrir para interrumpir el circuito; parte de la energía almacenada mecánicamente (usando algo como resortes o aire comprimido). Entendiendo por falla, en este caso, que la corriente supera su valor nominal. (Vivas y Guamán, 2022, p. 84)

Figura 9

Interrupor termomagnético



Nota. En la figura 9 se observa un Interrupor termomagnético. Tomado de Requena, J. (2012).

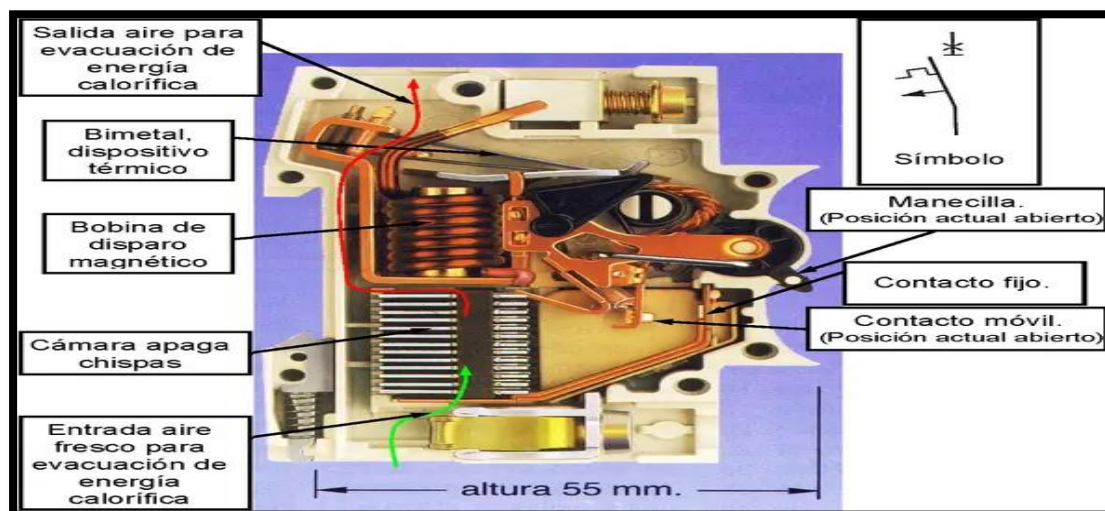
Funcionamiento

El interruptor termomagnético trabaja con dos mecanismos diferenciados, uno magnético (mecanismo de actuación rápida) y otro térmico (mecanismo de actuación lenta).

Cuando se produce un cortocircuito, se crea un gran campo magnético que provoca una fuerza que tiende a desplazar el cilindro de acero hacia el exterior que golpea el contacto móvil y provoca la apertura del circuito. El mayor o menor número de espiras determina la rapidez o la lentitud de este mecanismo. (Sánchez, 2022, p. 35)

Figura 10

Mecanismo magnético



Nota. En la figura 10 se observa la estructura de un mecanismo magnético. Tomado de Como funciona (febrero 2024). Como funciona un interruptor termomagnético. https://comofunciona.co/un-interruptor-termomagnético/#google_vignette

Circuito en serie

Un circuito en serie es un sistema en el que los electrones fluyen en una sola dirección y a través de una o más resistencias. La corriente (electrones) es continua sin desviación en la unión entre los dos extremos del circuito.

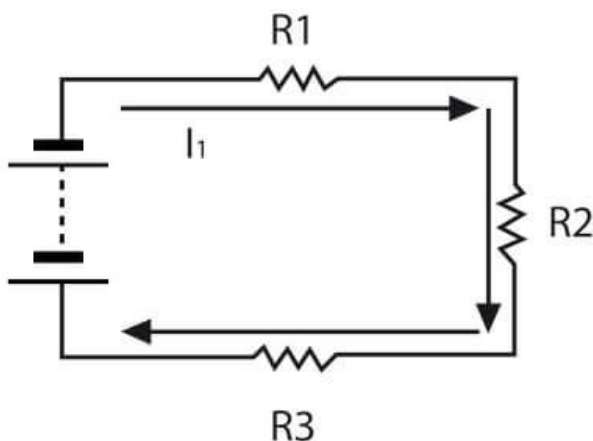
“El circuito en serie es aquella conexión estructurada de forma secuencial en la que el borne de salida del primer dispositivo se conecta al borne de entrada del dispositivo dos, y así de forma sucesiva para los demás dispositivos”. (Poveda, 2013, p. 187)

Según la concepción de varios técnicos eléctricos, el circuito en serie se lo comprende en base a la conexión que integra una batería eléctrica:

En el caso de una batería eléctrica o acumulador eléctrico, el circuito en serie se conecta entre varias pilas eléctricas, en donde el borne de salida de la primera pila, se conecta con el borne de entrada de la segunda pila, y así de forma sucesiva. (Rodríguez y Patiño, 2021, p. 75)

Figura 11

Circuito en serie



Nota. En la figura 11 se observa un esquema eléctrico de un circuito en serie. Tomado de Franco, J.(2017).Circuito en serie. *Academia*. https://www.academia.edu/7855435/Circuito_en_serie

Características de un circuito en serie

Las características de un circuito en serie se basan en aspectos como corriente, resistencia, tensión, entre otros aspectos. Así con respecto a la corriente, en el circuito en serie esta debe ser de la misma cantidad dentro de todo el flujo de corriente; el circuito en serie en lo relativo a la resistencia el cálculo de la resistencia total es equivalente a la sumatoria de todas

las resistencias individuales; su tensión total al igual que la resistencia total, equivale a la sumatoria de las tensiones por cada receptor también conectado en serie. (Rodríguez y Patiño, 2021, p. 78)

En todo circuito en serie la corriente tiene una sola dirección y es constante dentro de todo el flujo, siendo su voltaje de carga directamente proporcional a la resistencia; así, a mayor resistencia mayor voltaje.

Voltaje

El voltaje se puede definir como la magnitud de la diferencia de potencial que se produce entre dos puntos. Por lo tanto, a menudo se le llama tensión o diferencia de potencial. En un contexto más técnico, el voltaje se refiere al trabajo realizado por una unidad de carga cuando cruza dos puntos en un campo eléctrico determinado.

Por tanto, la ecuación de un volt en un circuito eléctrico, es:

$$V = W / Q$$

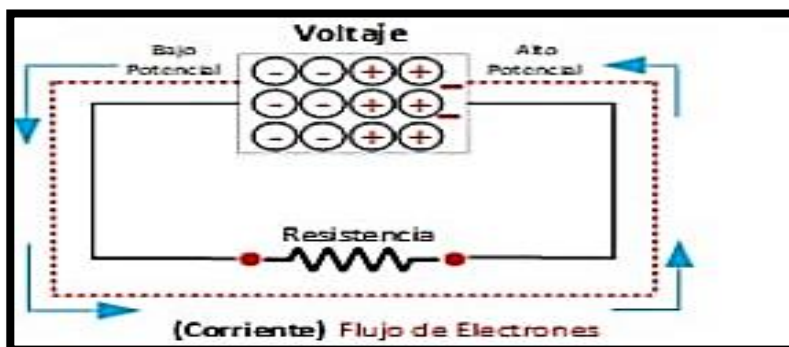
W= energía en joules

Q= carga en coulombs

V= voltaje resultante en volts.

Figura 12

Esquema de voltaje



Nota. En la figura 12 se observa La relación entre voltaje alterno y resistencia eléctrica explicada. Tomado de Electropreguntas (Febrero 2024). <https://electropreguntas.com/cual-es-la-relacion-entre-el-voltaje-alterno-y-la-resistencia-electrica/>

$$V= R \times I$$

V= Diferencia de potencial

R= Resistencia

I= Intensidad de la corriente

En el caso de autos eléctricos, es el amperaje el que impulsa al auto; este amperaje depende de dos factores; uno que haya suficiente voltaje para que exista flujo de amperaje y dos que exista una cantidad igual de resistencia. En estos autos eléctricos, cuando se carga la batería eléctrica, el voltaje (V) impulsa la carga eléctrica y el flujo de electrones (AMP) o corriente, es aquella cantidad de carga que fluye a través del circuito. (Cartagena, 2018, pp. 208-215)

Amperaje

“El amperaje, es aquella fuerza en un flujo de electrones entre dos puntos negativo y positivo a través de un cable eléctrico” (Richarte, 2018, p. 25). Para medir el amperaje, se utiliza el amperímetro, conectándolo en serie, de tal forma que sus conectores negativo y positivo se conectaran a los bornes positivo y negativo del dispositivo como es un microondas, una lavadora, etc.

Según Córdova (2021), señala que es la cantidad de flujo de electrones que pasa a través de un conductor, medido en amperios (AMP), determinando los niveles de potencia de un dispositivo eléctrico (p. 11). Es por esto, que cuando se instala el cableado de alguna propiedad, el amperaje es un factor esencial de seguridad de sus habitantes, donde cada cable utilizado posee una parametrización de amperaje específico según su calibre y longitud, evitando incendios o cortos.

Capítulo III

Implementación del pack de baterías

A continuación, se detalla las características de los tipos de batería y la ficha técnica para la selección de baterías del proyecto de acuerdo con el análisis y beneficio planteado para lograr una mejora autonomía en el prototipo SAE eléctrico.

Tabla 2

Selección de baterías

Característica	Batería de Ion de Litio	Batería LiFePO4	Batería LiPo	Plomo acido
SEGURIDAD	x	x		x
VIDA ÚTIL	x	x		
DENSIDAD DE ENERGÍA	x	x	x	x
EFICIENCIA	x	x	x	
ESTABILIDAD QUÍMICA		x	x	x
COSTO	x		x	x
ALTA RESISTENCIA A LA TEMPERATURA		x		
AUTONOMÍA	x	x		x
CONTAMINACIÓN			x	x
GRAN DURACIÓN EN ALMACENAMIENTO	x	x		
CAPACIDADES DE POTENCIA	x	x		x
VELOCIDAD DE CARGA		x		x
ALTA CAPACIDAD DE CARGA Y DESCARGA	x	x	x	
TOTAL	9	11	6	8

Nota. En la tabla 2 se muestra las características de los tipos de batería y la ficha técnica para la selección de baterías del proyecto de acuerdo con el análisis y beneficio planteado para lograr una mejora autonomía en el prototipo SAE eléctrico.

Tabla 3

Datos técnicos del pack de baterías

Características	LIFEPO4
Número de celdas	24 celdas
Voltaje de la batería	80 V
Voltaje nominal	3.6 V
Amperaje	100 Ah
Longitud	685 mm
Ancho	177 mm
Altura	220 mm
Peso	47 kg

Nota. En la tabla 3 se muestra las características técnicas de la batería de litio ferro-fosfato (LiFePo4).

Teniendo en cuenta las características que muestra las baterías que existen en el mercado se optó por escoger la batería de litio ferro-fosfato (LiFePo4), 80 V y 100 A por sus buenas características de almacenamiento que permite un óptimo funcionamiento. Para que esta batería funcione de una manera correcta y que el prototipo no tenga dificultades al andar, se deberá modificar los parámetros del BMS para que el prototipo tenga un buen rendimiento.

Instalación

Modificación de la base para la batería

Se evaluó el prototipo SAE eléctrico para modificar y seleccionar una nueva batería que va a mejorar la autonomía y la potencia del vehículo mediante las pruebas que se van a realizar con datos comparativos entre las dos baterías.

Figura 13

Prototipo SAE con batería ion de litio.



Nota. En la figura 13 se observa el prototipo con la antigua batería ion de litio.

Figura 14

Extracción de la batería Antigua del prototipo SAE eléctrico



Nota. En la figura 14 se observa la batería ion de litio que será reemplazada por la batería de litio ferro-fosfato.

Figura 15

Proceso de Soldadura de la nueva base del pack de baterías



Nota. En la figura 15 se observa el proceso de soldadura SMAW para la nueva base del pack de baterías, que se va instalar en el bastidor.

Figura 16

Diseño de la base para la nueva batería



Nota. En la figura 16 se observa la nueva base que abarcará el nuevo pack de batería.

Fabricación de conectores para la unión de celdas

La conexión que se va a realizar en esta batería va hacer una conexión en serie generando así la unión de celdas gracias a esto se obtiene las sumas de los voltajes de cada

celda y esto da como resultado total de 80 V la cual será ideal para el funcionamiento del prototipo SAE eléctrico.

Figura 17

Corte de barra de bronce para unión de celdas



Nota. En la figura 17 se observa la barra de bronce que será utilizada como método de conexión de la batería.

Figura 18

Perforación en la barra de bronce para la unión de celdas



Nota. En la figura 18 se observa la perforación y corte de la barra de cobre para la unión de celdas.

Figura 19

Base de acrílico para baterías



Nota. En la figura 19 se observa la base de acrílico que será utilizada para la colocación de las celdas.

Figura 20

Colocación de las celdas



Nota. En la figura 20 se observa la base de acrílico y la colocación de las celdas de batería para su respectiva conexión.

Figura 21

Unión de celdas con placas de cobre



Nota. En la figura 21 se observa la conexión en serie de las celdas con placas de cobre y tornillos para su ajuste.

Figura 22

Conexión de las celdas en serie



Nota. En la figura 22 se observa la conexión en serie de las celdas y la suma de todos los voltajes, un total de 80 V.

Figura 23

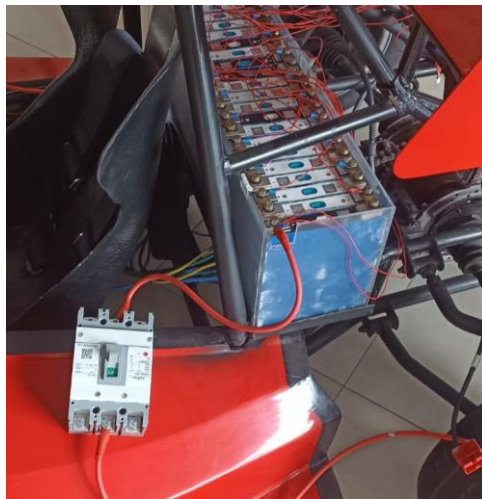
Cables de conexión de la batería



Nota. En la figura 23 se observa los nuevos cables de conexión a la batería.

Figura 24

Conexión del breaker



Nota. En la figura 24 se observa la respectiva conexión del breaker en la batería.

Figura 25

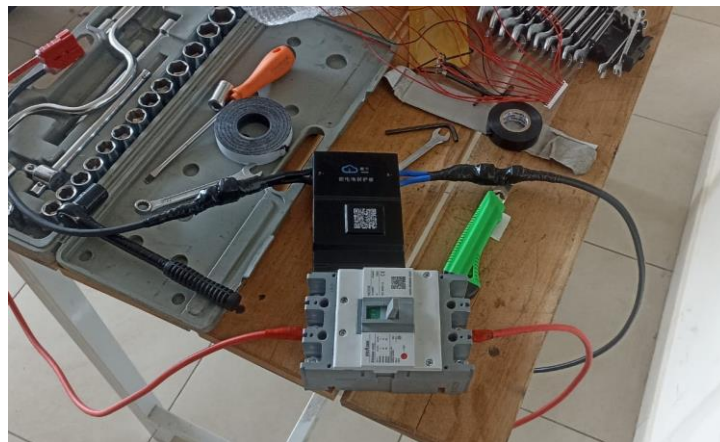
Conexión de cables del BMS a la batería



Nota. En la figura 25 se observa la conexión de cables del BMS a cada uno de los bornes de la batería.

Figura 26

Conexión del BMS



Nota. En la figura 26 se observa la instalación del BMS con sus respectiva conexión.

Figura 27

Software para configurar el BMS



Nota. En la figura 27 se observa los datos que se obtiene mediante el BMS y los resultados de carga de cada celda de la batería.

Figura 28

Datos de la batería



Nota. En la figura 28 se observa el software donde muestra los voltajes de cada celda de la batería y sus características.

Capítulo IV

Pruebas de Funcionamiento

Concluida la configuración del Sistema de Gestión de Batería (BMS) de la nueva batería del vehículo eléctrico fórmula SAE, se procedió a verificar la correcta conexión de todos los componentes eléctricos. Simultáneamente, se inició la evaluación de la velocidad y autonomía del Fórmula SAE eléctrico con el objetivo de determinar su velocidad máxima. Como parte de dicho proceso, se llevó a cabo un protocolo de pruebas que consistió en seis vueltas, con el propósito de identificar posibles inconvenientes que pudiesen afectar en las pruebas de funcionamiento.

Figura 29

Pruebas de protocolo del fórmula SAE



Nota. En la figura 29 se muestra las pruebas de funcionamiento del fórmula SAE eléctrico.

Tras la conclusión de la evaluación de rendimiento, se constató la correcta conexión, ajuste y sujeción de todos los componentes al bastidor. Posteriormente, se iniciaron las pruebas de autonomía y velocidad siguiendo una hoja de ruta diseñada específicamente para someter a evaluación el prototipo.

Trazo de ruta

Figura 30

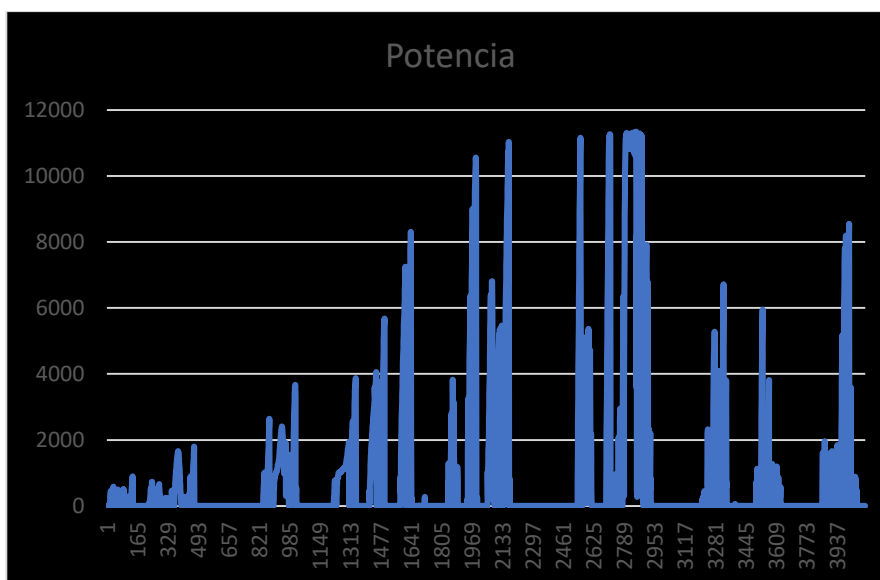
Pista Kartodromo de Cotopaxi



Nota. En la figura 30 se muestra la pista donde se realizó las pruebas de funcionamiento del fórmula SAE.

Pruebas de potencia

Las pruebas de funcionamiento fueron llevadas a cabo en la ciudad de Latacunga, específicamente en la parroquia Alaquez, utilizando la pista de karting denominada "Kartodromo de Cotopaxi". Durante esta fase de evaluación, se ejecutaron seis vueltas, totalizando un recorrido de 8.16 km. El trazado de la pista incorpora variadas condiciones topográficas, incluyendo subidas, bajadas y curvas, lo cual se revela como un elemento crucial para la evaluación precisa del comportamiento del prototipo de vehículo Fórmula SAE eléctrico.

Figura 31*Gráfica de Potencia*

Nota. En la figura 31 se observa los resultados de potencia en las pruebas de funcionamiento en un trayecto de 8.16 km.

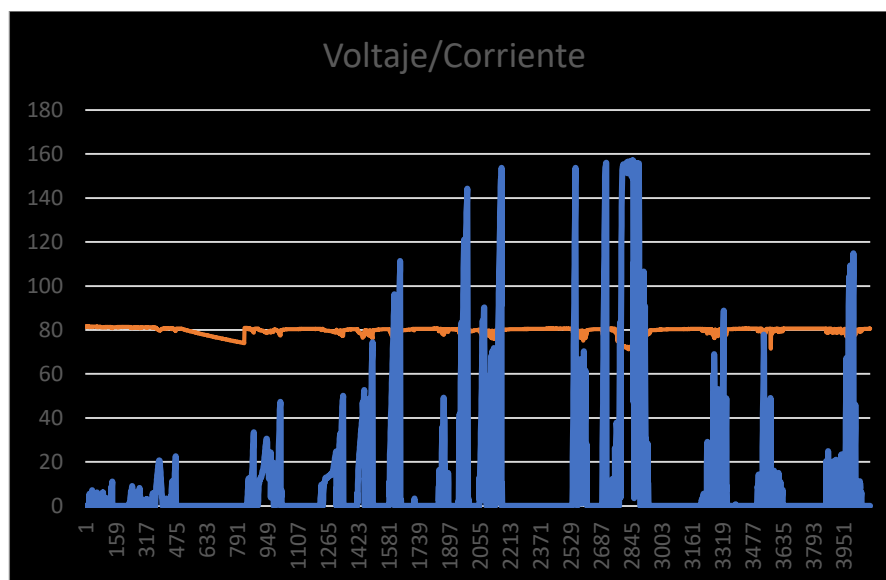
Tabla 4*Datos prueba de potencia*

Descripción	Datos Obtenidos
Potencia	10270 W
Voltaje	79 V
Amperaje	130 A

Nota. En la tabla 4 se observa los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con un total de 6 vueltas recorriendo un trayecto de 8.16 km.

Figura 32

Gráfica voltaje/corriente



Nota. En la figura 32 se observa los resultados de voltaje y corriente del prototipo en las pruebas manteniendo un voltaje de 80 y una corriente de máximo 157,04.

Prueba de velocidad

Para las pruebas se colocó un control de medición al piloto que nos ayudara a determinar la velocidad máxima del prototipo SAE eléctrico, se tomaron en cuenta parámetros como la velocidad y el tiempo, de tal manera se aprovechó de rendimiento máximo del motor y alcanzar una velocidad estable.

Al realizar la prueba se pudo determinar que a una carga de batería del 80% y teniendo en cuenta no superar los 100 amperios, se alcanzó una velocidad de 16.58 m/s igual a 59.72 km/h tomando en cuenta que la geometría de la pista no permitió emplear la velocidad máxima del vehículo.

Prueba de autonomía

Por otro lado, al iniciar las pruebas la batería tenía una carga del 80% y luego de realizar el recorrido de la pista de karting de seis vueltas, la carga de la batería disminuyó en un 2%, es decir, al finalizar las pruebas la carga final de la batería fue de 78%. Por lo que,

mediante una relación entre el porcentaje de batería, el kilometraje y el tiempo de prueba, se determinó que la autonomía aproximada del prototipo con una batería cargada al 100% es de 80 km.

Tabla 5

Tabla Pruebas de funcionamiento en la trayectoria Niágara

DESCRIPCIÓN	ION LITIO	LITIO FERROFÓSFATO
AUTONOMÍA	1 h	2 h
VELOCIDAD	40 km	84.78 km
VOLTAJE	72 V	80 V
CAPACIDAD	30 Ah	100 Ah

Nota. En la tabla 5 se muestra las mediciones comparativas entre baterías Ion Litio y de Litio Ferro fosfato, en autonomía, velocidad, voltaje, capacidad, durante pruebas de funcionamiento en el trayecto Niágara.

Tabla 6

Pruebas de funcionamiento en la pista de karting

DESCRIPCIÓN	ION LITIO	LITIO FERROFÓSFATO
AUTONOMÍA	0.5 h	1 h
VELOCIDAD	40 km	59.72 km
VOLTAJE	72 V	80 V
CAPACIDAD	30 Ah	100 Ah

Nota. En la tabla 6 se muestra las mediciones comparativas entre baterías Ion Litio y de Litio Ferro fosfato, en autonomía, velocidad, voltaje, capacidad, durante pruebas de funcionamiento en la pista de karting “Kartodromo de Cotopaxi “.

Trayecto realizado en el prototipo

Figura 33

Inicio de trayecto del prototipo



Nota. En la figura 33 se muestra el punto de partida del SAE eléctrico.

Figura 34

Trayecto prototipo curvas



Nota. En la figura 34 se muestra la trayectoria del prototipo en curvas dentro de la pista.

Figura 35

Trayecto en desniveles



Nota. En la figura 35 se muestra la trayectoria del prototipo en desniveles dentro de la pista.

Figura 36

Trayecto de prototipo en obstáculos



Nota. En la figura 36 se muestra la trayectoria del prototipo con obstáculos dentro de la pista.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- En conclusión, se investigó los diferentes tipos de baterías según sus características y beneficios. Por ende, se determinó que la mejor opción para mejorar la autonomía y el rendimiento del prototipo es la batería de litio ferro fosfato (LiFePO₄), que, debido a sus sobresalientes características, como la densidad de energía, el ciclo de vida, el rendimiento y la seguridad le convierte en la mejor candidata frente a las otras baterías.
- Tras el análisis, concluimos que para la implementación de la batería litio ferro fosfato (LiFePO₄), se dimensionó y coloco bases para ayudar al soporte de las mismas. A través de procesos de soldadura y electricidad que facilitaron la instalación y conexión de la batería.
- Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento del prototipo del vehículo de competición Fórmula SAE eléctrico en un recorrido de 8.16 km, evidenciándose un desempeño satisfactorio en diversas condiciones, incluyendo curvas, pendientes, rectas.

Recomendaciones

- Se recomienda, que al elegir una batería para un vehículo eléctrico se tome en cuenta las características y beneficios que puede brindar al implementarlos en el vehículo. Es decir, seleccionar las baterías que proporcionen mejor rendimiento y autonomía y que cumplan con las necesidades del automóvil.
- Cuando se vaya a manipular algún componente eléctrico como la batería es recomendable tener precaución con los cables y revisar que no estén pelados o rotos, ya que, esto puede ocasionar un corto circuito y dañar los componentes eléctricos.
- Es recomendado realizar las pruebas de funcionamiento, en una pista de superficie plana sin que generen interrupciones de velocidad, para obtener datos concretos de su máxima potencia real.

Bibliografía

- Barbón, A. (2018). *Análisis de las ventajas e inconvenientes de las baterías de flujo redox frente a las baterías de iones de litio en aplicaciones de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica*. Obtenido de Escuela Politécnica de Ingeniería de Jijón:
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/48646/TFMAAnaBarbonRUO.pdf>
- Bayón, A. (2020). *Herramientas didácticas para la formación de baterías*. Obtenido de Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/43402>
- Cartagena, J. (2018). Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda. *I+ D Tecnológico*, 66-73.
- CCA, C. p. (13 de Marzo de 2014). *Riesgos ambientales del movimiento transfronterizo y reciclaje de baterías de plomo-ácido usadas*. Obtenido de www.cec.org/es/our-work/informes-independientes/¿comercio-peligroso.
- Córdova, J. (2021). *Diseño de la conexión eléctrica de un sistema de fotovoltaico para autoconsumo en implementación de movilidad sostenible en ESPOL*. Obtenido de ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56826>
- Díaz, A. C., & Suárez, R. W. (2023). Baterías de iones de litio: estructura, funcionamiento, fallas y sus causas. *Seguridad y Saber. Revista científica*, 23-28. Obtenido de Seguridad y Saber. Revista científica: <https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>
- Díez, P. (junio de 2019). *PRINCIPIOS BÁSICOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO*. Obtenido de Universidad de Valladolid: <https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>
- Duque, D., & Rocano, J. (enero de 2018). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE CICLOS CONTROLADOS*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>

- Esquivel, E., & Mendoza, J. (28 de noviembre de 2013). *AUMENTO EN LA AUTONOMÍA DE LA BATERÍA DE UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE CALOR*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional:
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13324/Tesis_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gándara, H., & Lubo, N. (2019). *Diagnóstico de la situación actual de la generación de residuos*. Obtenido de Universidad de la Costa:
<https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/4819>
- García, N. (2020). Presente y Futuro de los Polímeros en el Diseño de Baterías de Litio. *Rev. Plast. Mod*, 10-16.
- Gonzales, M. (2015). Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. *Observatorio Medioambiental*, 57-85.
- Guanoluisa, E., & Bustos, F. (12 de julio de 2022). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PACK DE BATERÍAS RECICLADAS DE ION-LITIO EN UNA MOTONETA ELÉCTRICA*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica Chimborazo:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17135/1/65T00467.pdf>
- Marín, P. (2019). *Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas futuras*. Economía Industrial.
- Martín, J. (23 de abril de 2019). *Más allá del plomo: tipos de baterías para el coche*. Obtenido de Motorpasion: <https://www.motorpasion.com/revision/alla-plomo-tipos-baterias-para-coche>
- Martínez. (2017). *Propuesta metodológica para la recuperación de las pilas alcalinas y zinc-carbono*. Obtenido de Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia:
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1952/TGT-584.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martínez, J. (17 de Enero de 2023). *¿cuál es la autonomía del coche eléctrico y de qué factores depende?* Obtenido de Renault: <https://www.renault.es/blog/trucos-consejos/cual-es-la-autonomia-coche-electrico-factores-depende.html>
- Martínez, M. (2019). *Viabilidad técnico-económica de la infraestructura de recarga necesaria para la implantación del vehículo eléctrico en el municipio de Madrid*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <https://oa.upm.es/57295/>
- Montecelos, J. (2019). *Vehículos Eléctricos*. Obtenido de Paraninfo, SA.
- Montecelos, J. (2019). *Vehículos Eléctricos*. Paraninfo, S.A.
- Ondarse, D. (15 de julio de 2021). *Batería*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/bateria/>
- Pérez, A., & Acosta, M. (Diciembre de 2022). *Reciclado de baterías de iones de litio de vehículo eléctricos*. Obtenido de Iniciativa tecnológica prioritaria: <https://static.ptee.org/media/files/documentacion/itp-01-22-reciclado-de-baterias-de-iones-de-litio-de-vehiculos-electricos-mW.pdf>
- Pico, H., & Pazmiño, I. (2021). Análisis de los factores que intervienen en el envejecimiento prematuro de las baterías de ion-litio mediante modelo teórico validado en laboratorio. *Revista Técnica Energía*, 83-91.
- Poveda, G. (2013). Un modelo eléctrico de estructuras algebraicas. *Revista EIA*, 183-191.
- Quintero, V. (2021). Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. *I+ D Tecnológico*, 14-22.
- Richarte, J. (2018). Servicio Técnico 03: Motherboard: Partes y Funcionamiento. 20-30.
- Rodríguez, A., & Ortiz, M. (2020). *Baterías de ion litio: presente y futuro*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata Editorial. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata Editorial: <https://unlp.edu.ar/wpcontent/uploads/81/35081/a05b0f92e176924a0a8a841528d0df88.pdf>
- Rodríguez, A., Thomas, J., & Ortiz, M. (2021). *Baterías de ion litio: presente y futuro*. Obtenido de Facultad de Ciencias Exactas-Universidad Tecnológica Nacional:

<https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/81/35081/a05b0f92e176924a0a8a841528d0df88.pdf>

Rodríguez, E., & Patiño, Y. (2021). Los niveles argumentativos y su relación con los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 149-163.

Rodríguez, J., & Lafoz. (17 de Noviembre de 2013). Flexible low-cost system to test batteries and ultracapacitors for electric and hybrid vehicles in real working conditions. Barcelona, España.

Rojas Choque, D. (2019). *Transferencia automática de energía eléctrica por anomalías en la red y perturbaciones*. Obtenido de Universidad Mayor de San Andres: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/29275>

Sánchez, D. (2022). *Diseño de plan de mantenimiento predictivo por termografía y vibración para mejorar la confiabilidad en electrobombas de un ingenio azucarero*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/129207>

Uzhca, L., & Yupa, L. (06 de Diciembre de 2018). *DIMENSIONAMIENTO DE UN BANCO DE BATERÍAS ION LITIO COMO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA: <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4388/1/2.%20DIMENSIONAMIENTO%20DE%20UN%20BANCO%20DE%20BATER%c3%8dAS%20ION%20LITIO%20COMO%20SISTEMA%20DE%20ALMACENAMIENTO%20DE%20ENERG%c3%8dA%20S.pdf>

Valera, L. (25 de Noviembre de 2011). *Los vehículos eléctricos*. Obtenido de Universidad de Nebrija: https://www.nebrija.com/la_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligue/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf

Vargas, Á. (2022). *El coche eléctrico: fortalezas y debilidades para su expansión*. Madrid:

Papeles de Economía Española. Obtenido de Papeles de Economía Española.

Vivas, R., & Guamán, F. (2022). *Automatización del parqueadero con direccionamiento a los lugares de estacionamiento y control de acceso en la puerta principal del bloque "b" de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná*. Obtenido de Universidad

Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9550>

Yoong, Y. (2010). *Studies of regenerative braking in electric vehicle*. Malaysia : SEMANTICK SCHOLAR.

ANEXOS