



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BATERÍAS PARA MOTO
ELÉCTRICA ECUATORIANA**

Realizado por:

JONATHAN FERNANDO COLIMBA PAREDES

Director del proyecto:

M.Sc. Diego F. Bustamante V. Ing.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Quito, Agosto del 2023

Declaración Juramentada

Yo, JONATHAN FERNANDO COLIMBA PAREDES, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 175134147-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



JONATHAN FERNANDO COLIMBA PAREDES

C.I.: 175134147-8

Declaración del director de tesis

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



MSc. Diego F. Bustamante V. Ing.

Los profesores informantes:

Ing. María Gabriela Mancheno Falconí, Msc

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. María Gabriela Mancheno



Ing. Edilberto Antonio Llanes

Dedicatoria

A mis padres que supieron formarme con buenos hábitos y valores que me han ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mis hermanos que me brindan su apoyo incondicional y me ayudan en todos mis proyectos de vida, motivándome y dándome ánimo para seguir adelante y no rendirme.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor por su orientación experta, paciencia inquebrantable y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos han sido invaluable para dar forma a este trabajo y para mi crecimiento académico en general.

Agradezco también a mis lectores por su tiempo y esfuerzo dedicados a revisar y evaluar esta tesis. Sus comentarios y sugerencias han contribuido significativamente a mejorar la calidad de este trabajo.

No puedo dejar de reconocer a Brandon Armas compañero de tesis, cuya colaboración y discusiones fructíferas han enriquecido mi comprensión del tema y han brindado un entorno de apoyo y motivación.

Este logro no hubiera sido posible sin el respaldo de todas estas personas excepcionales. Sus contribuciones han dejado una huella imborrable en este trabajo y en mi trayectoria académica en general. Estaré eternamente agradecido por su guía, apoyo y dedicación.

Resumen

Este trabajo de investigación se realiza con aplicación de un modelo conceptual y analítico, referente a la implementación de unas baterías a una motocicleta convencional para convertirla en 100% eléctrica. Este vehículo brinda un aporte a la sociedad puesto que ayuda en la mejora de la calidad de vida de la población al considerarse como una alternativa de movilidad sustentable, silenciosa, no contaminante, pero sobre todo económica. Como punto de partida se identifica el problema, a continuación, se trasciende al plano de la construcción en el que surge la necesidad de acoplar las baterías a una estructura metálica que cumpla con los requisitos de diseño, mismos que se evalúan mediante la aplicación de ciertos criterios. Adicionalmente se elabora un boceto que identifique cada uno de los sistemas que componen la motocicleta para finalmente realizar los cálculos necesarios como aporte para el proceso de construcción.

Palabras clave: diseño en ingeniería, moto eléctrica, energías alternativas y transporte.

Abstract

This research work is carried out with the application of a conceptual and analytical model, referring to the implementation of batteries in a conventional motorcycle to make it 100% electric. This vehicle provides a contribution to society since it helps to improve the quality of life of the population by considering it as a sustainable, silent, non-polluting, but above all economic mobility alternative. As a starting point, the problem is identified, then it is transcended to the construction plan in which the need arises to couple the batteries to a metal structure that meets the design requirements, which are evaluated by applying certain criteria. Additionally, a sketch is made that identifies each of the systems that make up the motorcycle to finally make the necessary calculations as a contribution to the construction process.

Keywords: design engineering, electric motorcycle, alternative energy, transportation.

Índice de contenido

PORTADA	1
DECLARACIÓN JURAMENTADA	2
DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	3
LOS PROFESORES INFORMANTES:	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
ÍNDICE DE CONTENIDO	10
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	13
Tablas	13
Figuras.....	13
 INTRODUCCIÓN	 17
Problemática.....	18
Preguntas de investigación.....	19
Objetivo.....	19
Objetivos específicos	19
Justificación	20
 ESTADO DEL ARTE	 22
Evolución de las motos eléctricas	24
Compañías en América	30
Zero Motorcycles (USA)	30
Brammo Motorsport (EE. UU).....	31

	11
Brutus Motorcycle (EE: UU)	31
Las baterías	32
Determinaciones significativas de las baterías.....	35
Efecto memoria	37
Tipos de baterías	39
Baterías de Plomo - ácido	39
Ventajas de las baterías Pb - ácido.....	40
Desventaja de las baterías Pb - ácido.....	41
Baterías de Níquel – Cadmio	41
Ventajas de las baterías Ni-Cd	42
Desventajas de las baterías Ni-Cd	42
Baterías de hidruro metálico de níquel.....	42
Ventajas de las baterías NiMH	43
Desventajas de las baterías NiMH.....	43
Baterías de iones de litio	43
Ventajas de las baterías ion - Litio	46
Desventajas de las baterías ion - Litio.....	46
Baterías de polímero de litio	46
Tablas y graficas comparativas de las distintas tecnologías de baterías	47
Conceptos de conexión	49
Sistema de gestión de batería (BMS).....	51
Proteus.....	53
Controladoras	54
METODOLOGIA	58
Diagnóstico del funcionamiento del motor eléctrico	58
Simulación de una BMS mediante Proteus.....	59

Diseño del pack de batería	60
Selección de la batería más adecuada	64
Construcción de la batería y configuración.....	66
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	68
Estado del motor	68
Simulación del comportamiento del circuito de la (BMS)	70
Diseño del conjunto de baterías.	72
Análisis de las celdas	73
Construcción del pack de baterías.....	75
Pruebas y resultados obtenidos.	76
DISCUSION DE RESULTADOS.....	80
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS	92

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. <i>Comparativo de las baterías de Li-ion con otras tecnologías</i>	47
Tabla 2. <i>Comparativo de las distintas tecnologías apoyadas en Litio</i>	47
Tabla 3. <i>Resumen de características de diferentes tipos de baterías</i>	48
Tabla 4. <i>Resumen de características de diferentes tipos de controladores</i>	57
Tabla 5. <i>Informe de prueba del motor</i>	59
Tabla 6. <i>Resultados de las posibles conexiones</i>	66
Tabla 7. <i>Informe de parámetros puntuales tras prueba de motor (SiaEcosys, 2023)</i> .	70
Tabla 8. <i>Datos del cargador</i>	72
Tabla 9. <i>Datos sobre distintos modelos de celdas dentro en el mercado nacional</i>	73
Tabla 10. <i>Datos sobre distintas pruebas con el pack de batería ensamblado.</i>	78
Tabla 11. <i>Datos comparativos. (Segovia Sanchez, 2021)</i>	80

Figuras

Figura 1. <i>Primer vehículo eléctrico de la historia (Paddockwood, 2022)</i>	23
Figura 2. <i>Evolución de las motos</i>	24
Figura 3. <i>Patente de la primera motocicleta eléctrica</i>	24
Figura 4. <i>Patente de O. Bolton de la primera bicicleta eléctrica (Van Ryn, 2007)</i>	25
Figura 5. <i>Moto eléctrica en 1911</i>	25
Figura 6. <i>Motocicleta belga Socovel</i>	26
Figura 7. <i>Motocicleta eléctrica adaptada 1970 (Electric Vehicle Institute, 2013)</i>	27
Figura 8. <i>Motocicleta Auranthetic Charger (1972) (Erider, 2019)</i>	27
Figura 9. <i>Primera motocicleta eléctrica en batir el récord de velocidad (Hilton, 2022)</i>	28

Figura 10. <i>Moto eléctrica EMB Lectra VR24</i> (Dillard, 2015)	29
Figura 11. <i>Motocicleta eléctrica Electra Crucier B4</i> (Marquez, 2012)	29
Figura 12. <i>Motocicleta eléctrica Killacycle</i> (Dube, 2000)	30
Figura 13. <i>Motocicleta eléctrica modelo (Zero S)</i> (WalkAway, 2023)	30
Figura 14. <i>Motocicleta eléctrica Brammo Motorsport</i> (Miles, 2010)	31
Figura 15. <i>Motocicleta eléctrica Brutus</i> (Ridden, 2012)	32
Figura 16. <i>Baterías de alto voltaje de vehículos eléctricos</i> (Visnic, 2019)	32
Figura 17. <i>Sistema de protección catódica</i> (Corrotek, 2018)	33
Figura 18. <i>Partes de la batería eléctrica</i> (Berizzo, 2021)	34
Figura 19. <i>Conexión en serie entre dos baterías</i>	35
Figura 20. <i>Conexión en paralelo entre dos baterías</i>	35
Figura 21. <i>Conexión en serie y paralelo entre baterías</i>	36
Figura 22. <i>Ciclo de carga de una batería</i>	37
Figura 23. <i>Efecto de memoria generado en baterías</i>	38
Figura 24. <i>Tipos de batería que presentan efecto de memoria</i> (Technosun, 2022).....	39
Figura 25. <i>Rx producida en el interior de una batería Pb-ácido</i> (Microtex, 2023)	40
Figura 26. <i>Proceso electro-químico de carga y descarga</i> (Soler, 2009)	40
Figura 27. <i>Esquema de funcionamiento de una celda galvánica Ni-Cd</i> (Moron, 2020)	41
Figura 28. <i>Batería de hidruro metálico de Níquel</i> (Electrodaddy, 2022).....	43
Figura 29. <i>Batería de ion Litio</i> (Lezama, 2023)	44
Figura 30. <i>Recomendaciones para extender la vida útil de una batería</i> (Gutiérrez, 2020) ...	45
Figura 31. <i>Batería de polímero de Litio</i> (Molgar, 2023)	47
Figura 32. <i>Comparativa entre tecnologías existentes de baterías</i> (Molgar, 2023)	48
Figura 33. <i>Esquema representativo de una celda</i>	50
Figura 34. <i>Esquema de tres celdas conectadas en serie</i>	50

Figura 35. <i>Esquema de tres celdas conectadas en paralelo</i>	50
Figura 36. <i>Conexión del BMS</i>	53
Figura 37. <i>Controlador, motor y fuente de poder (SiaEcosys, 2023)</i>	55
Figura 38. <i>Controlador UQM Powerphase 75 (SpeakEV, 2020)</i>	56
Figura 39. <i>Controlador SEVCON para motor de AC, 72 V, 350 A (Energy EV, 2023)</i>	56
Figura 40. <i>Controlador Votol EM-100 (Productosymas, 2023)</i>	56
Figura 41. <i>Comprobación de aislamiento empleando el megahmetro o megger</i>	58
Figura 42. <i>Equipo para medir fases eléctricas</i>	59
Figura 43. <i>Circuito esquemático realizado en Proteus</i>	60
Figura 44. <i>Esquema de conexión de un paquete del pack de baterías.</i>	60
Figura 45. <i>Diseño de 7 celdas realizado con Proteus</i>	61
Figura 46. <i>Bloque de 14 celdas</i>	61
Figura 47. <i>Arreglo general de baterías</i>	62
Figura 48. <i>Colocación de celdas con diferente configuración.</i>	62
Figura 49. <i>Conexión de los esquemas</i>	63
Figura 50. <i>Vista lateral del conjunto</i>	63
Figura 51. <i>Conexión de las placas de circuito impreso del BMS (Moron, 2020)</i>	64
Figura 52. <i>Paquete de baterías a ser implementado en la motocicleta eléctrica</i>	65
Figura 53. <i>Pruebas realizadas sobre el arreglo de celdas</i>	68
Figura 54. <i>Motor eléctrico de 8 KW</i>	69
Figura 55. <i>Circuito esquemático de los componentes realizado en Proteus</i>	70
Figura 56. <i>Circuito del funcionamiento de la BMS en el comportamiento de carga</i>	71
Figura 57. <i>Circuito del funcionamiento de la BMS en el comportamiento de descarga.</i>	72
Figura 58. <i>Pack de batería ensambladas y simuladas</i>	73
Figura 59. <i>Jerarquía comparativa de distintas tecnologías de baterías</i>	75

Figura 60. <i>Celdas seleccionadas para la batería</i>	76
--	----

Introducción

Las nuevas tecnologías de movilidad sostenible son el camino para reducir las emanaciones de huella de carbono, desarrolladas con el fin de usar energía limpia para alimentar el motor eléctrico que genere movimiento al vehículo, como se demuestra en el desarrollo de este proyecto investigativo, que contiene un análisis sobre la implementación de una batería que aporta la energía necesaria para producir el movimiento en una motocicleta.

Se realiza un análisis técnico, sobre el funcionamiento, construcción, implementación y carga de las baterías tomando medidas con equipos electrónicos que determinan el voltaje y amperaje utilizado a lo largo de todo el proceso. Esta investigación se enfoca en la transformación de una moto convencional a eléctrica con potencia necesaria para moverse, mejorando así la calidad de vida del usuario, tomando en cuenta parámetros ambientales al disminuir las emisiones de contaminantes y ruidos producidos; además se analizan los beneficios económicos obtenidos al reducir la compra de insumos derivados de combustibles fósiles.

Para la modificación de este medio de transporte se utiliza una energía alternativa basada en la “electromovilidad” debido a que el vehículo es impulsado por un motor eléctrico alimentado por un sistema de celdas que se cargarán con energía suministrada por la red eléctrica nacional. Se realiza un análisis del material óptimo para la fabricación del kit de baterías, considerando los costos existentes dentro del mercado, la potencia del motor y el voltaje requerido en las baterías, todo esto con la ayuda de software Proteus Design Suite de la firma Labcenter Electronics Ltd, garantizando así el correcto funcionamiento.

Para obtener una mejor eficiencia de rendimiento en las baterías se analiza, investiga y se determina la mejor alternativa entre los tipos y modelos de celdas existentes, éstas últimas deben cumplir con las dimensiones y peso adecuado para obtener resultados acordes a las

expectativas planteadas basados en un correcto emparejamiento y rendimiento con los demás componentes como el motor eléctrico y la controladora, logrando que la moto eléctrica tenga una autonomía considerable.

Problemática

Uno de los temas más preocupantes del cambio climático es la emisión de gases con contenido de carbono y cómo afecta a la salud humana (Achour, 2016).

La energía utilizada por concepto de movilidad sobrepasa el 25% del total energético global, en donde la demanda de petróleo para el sector del transporte pasa el 50% (Council, 2015).

En Ecuador, los medios de transporte terrestre son quienes aportan a la contaminación ambiental que cada día se hace más visible en las pequeñas y grandes ciudades, este problema se puede combatir y regular gradualmente con la introducción, en el parque automotor, de vehículos que utilicen energía renovable sin mayor afección al ecosistema y reemplacen exponencialmente a los sistemas convencionales de transporte conocido.

Según el informe 2015 de la calidad de aire en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se detectó que los niveles de CO y SO₂ se encontraban por debajo de los límites permisibles regulados por la Normativa Ecuatoriana de Calidad de Aire. Esto está asociado a las restricciones de movilidad existentes, como es el pico y placa, aplicadas en la ciudad, así como los incentivos para el traslado en transporte público. Sin embargo, la alta demanda de pasajeros hace necesario que las personas opten por adquirir un vehículo propio que les facilite la movilidad lo que aumentaría en gran escala las emisiones contaminantes debido a que el porcentaje mayoritario de la industria automotriz posee motor de combustión interna. Por ello, los vehículos basados en electro movilidad constituyen una buena opción dado que estos no califican en el pico y placa y se mantienen dentro de los valores permitidos de velocidad.

Diariamente se observa como las vías de la ciudad de Quito tienden a saturarse y colapsar en las horas pico, convirtiendo a la movilidad en un aspecto caótico y aumentando los niveles de contaminación, por lo cual se establece que las motocicletas eléctricas serían una excelente opción en ciudades de alta congestión basados en:

- Nula emisión gases como CO₂, CO y otros contaminantes
- Ahorro en la compra de productos derivados de combustibles fósiles y mantenimientos preventivos por desgastes de partes móviles existentes dentro de los motores a combustión interna.

Preguntas de investigación

1. ¿Qué tipo de baterías para motos y vehículos eléctricos existen?
2. ¿Cuál es el tipo de batería que resulta más eficiente a la hora de suministrar la energía para alcanzar la máxima velocidad del vehículo?
3. ¿Cuáles son los principales factores que afectan la vida útil de las baterías de iones de litio y cómo pueden reducirse o mejorarse?
4. ¿Cómo se pueden mejorar los métodos de prueba y monitoreo para predecir con precisión la vida útil restante de las baterías de iones de litio?
5. ¿Cuál es el potencial de las baterías de iones de litio para aplicaciones de almacenamiento de energía a gran escala, como redes o sistemas de energía renovable?

Objetivo

- Desarrollar e implementar un sistema de baterías eficiente y seguro mediante un diseño innovador, destinado a potenciar el rendimiento y la autonomía de motos eléctricas, contribuyendo así a la promoción de la movilidad sostenible y la reducción de la huella ambiental.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el motor QSMOTOR de 8 kw de potencia proporcionado por la Universidad Internacional SEK utilizando megahmetro y medidor de fases estableciendo las características y el estado del mismo.
- Investigar acerca los tipos de batería existentes en el mercado ecuatoriano, así como: su uso, ventajas y desventajas, para la implementar en la moto eléctrica.
- Diseñar un sistema de baterías que brinde al motor QSMOTOR de 8 KW la potencia necesaria para generar su arranque y mantener su autonomía.
- Realizar las pruebas pertinentes en aspectos eléctricos que permitan analizar el rendimiento de la motocicleta tras la implantación del pack de baterías.

Justificación

Con el paso del tiempo y los adelantos tecnológicos producto de la globalización, los vehículos con motor de combustión interna son uno de los principales causantes de la contaminación global por su funcionamiento derivado de la quema de combustible proveniente de hidrocarburos fósiles; las motocicletas se caracterizan por tener motores más pequeños en comparación con los vehículos convencionales, lo que les permite consumir la menor cantidad de combustible. El objetivo del trabajo es proporcionar un plan detallado para la integración de baterías, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales, con el objetivo de avanzar en ciudades y empresas hacia una mayor independencia energética y una menor huella de CO₂.

Las personas prefieren comprar una moto eléctrica por la facilidad y autonomía que brindan al momento de trasladarse dentro de la ciudad, sin embargo, su creciente popularidad en el mercado ha llevado a un peligro latente para el ecosistema. Estas motos son adquiridas especialmente para cubrir tareas de trabajo diario que demandan un buen rendimiento hasta altas horas de la noche, por lo que la implementación de un sistema de baterías eléctricas en la motocicleta se presenta como una solución prometedora. Al hacerlo, no solo se contribuye

al ahorro de recursos económicos al remplazar el combustible por un sistema de energía eléctrica, sino que también reduce su impacto ambiental, facilitando el proceso de carga que puede realizarse mediante una conexión a 110 V en un tomacorriente del hogar, trabajo o electrolinera.

Estado del arte

Cornejo (2022) señala que el avance tecnológico y el uso de energías limpias han ido de la mano con la investigación y la implementación, permitiendo desarrollar varias alternativas de movilidad eléctrica dentro del ámbito del transporte.

En el país se pueden encontrar vehículos de tipo híbrido, así como motos con adaptaciones eléctricas que son una herramienta de movilización que ayudan a preservar el medio ambiente dada su baja emisión de gases contaminantes.

Esta opción se vuelve una oportunidad para la industria automotriz ya que le brinda la oportunidad de reemplazar los motores convencionales por un sistema eléctrico, factor que minimiza los costos por combustible, pero aumenta el valor comercial de los vehículos debido a la tecnología implementada, especialmente por el alto costo de las baterías.

A mediados del siglo XIX los primeros vehículos de la historia se movían con electricidad, es así que Robert Anderson diseña el primer coche de este tipo, alimentándolo mediante una batería no recargable; con el paso del tiempo se fueron aplicando diversas mejoras a este modelo, como en el caso del “Jamais Contente” que logró aumentar su velocidad alcanzando los 100 Km/h (BBVA, 2023).

A inicios del siglo XX, existía una gran cantidad de vehículos eléctricos a diferencia de a gasolina que se encontraban en circulación. En el año de 1911 la compañía Woolds Motor Vehicle, fue la creadora del primer vehículo híbrido de la historia del automóvil (Paddockwood, 2022).

Figura 1.

Primer vehículo híbrido de la historia (Paddockwood, 2022)



Arteaga et al., (2014) mencionan que los vehículos eléctricos son una alternativa de movilidad limpia. Reportan bajos costos de mantenimiento y ahorro de combustible, razón por la cual son una excelente opción de transporte personal o urbano a futuro.

Actualmente el uso de las motos eléctricas busca una solución tecnológicamente sustentable a los problemas ambientales y sociales del transporte público, sin embargo esto es depende de varios factores como: el desconocimiento de las personas sobre el funcionamiento de estos vehículos, su alto precio, la escasez de canales de servicio con cargas especiales y la falta de centros de servicios técnicos especializados en motocicletas eléctricas que complican una competencia contra las motocicletas tradicionales (Motor Sport, 2019).

En la actualidad existe un mercado con altos estándares de calidad para motocicletas eléctricas, con múltiples industrias que las fabrican, algunas de ellas con experiencia previa en el diseño y construcción de vehículos eléctricos; mientras que otras se han aventurado a incursionar en la fabricación de vehículos como scooters, motocicletas, bicicletas o ciclomotos impulsados por motor eléctrico (GreenLine, 2020).

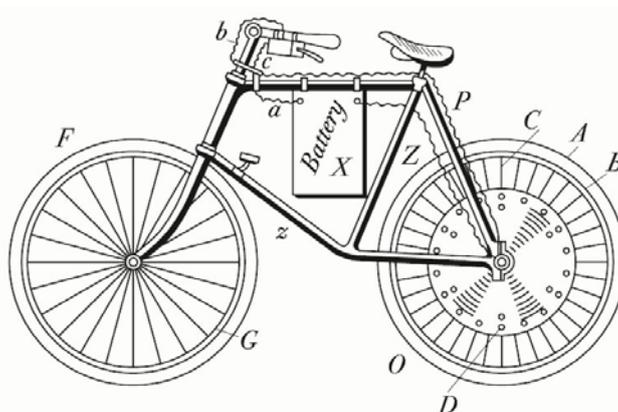
Figura 2.*Evolución de las motos*

Nota. Se visualiza la transición tecnológica entre las motocicletas con motor de combustión y las eléctricas. Tomado de (GreenLine, 2020)

El modelo de una motocicleta eléctrica varía en función del uso que se le va a dar, generalmente esto depende del motor, y de baterías que ofrezcan alta duración y buena eficiencia de voltaje que le permita cumplir con su función.

Evolución de las motos eléctricas

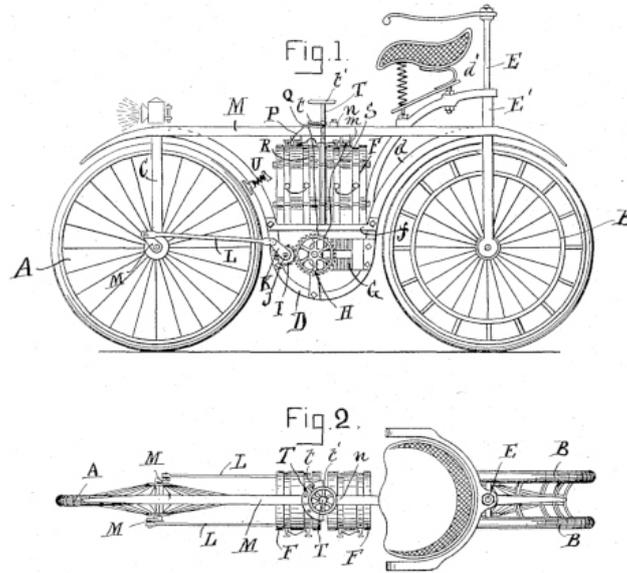
Las investigaciones más antiguas sobre motocicletas eléctricas derivan de manifiestos a fin del siglo XIX dónde el primer manifiesto registrado lo presenta Hosea el 8 de octubre de 1895, Libbey lo hizo un siglo después, un 31 de diciembre de 1985, mientras Olden Bolton presenta un segundo manifiesto como se indica en la Figura 3 y Figura 4 respectivamente (Appleton, 2022).

Figura 3.*Patente de la primera motocicleta eléctrica*

Nota. Se muestra el esquema de la patente de la primera motocicleta eléctrica. Tomado de (Appleton, 2022)

Figura 4.

Patente de O. Bolton de la primera bicicleta eléctrica (Van Ryn, 2007)



En 1911, Popular Mechanics publica pequeños artículos sobre motos eléctricas, dónde habla de su introducción al mercado de la época; el diseño de la motocicleta es un chasis de una bicicleta reforzada, con un batería de seis celdas de 12 voltios, capaz de recorrer hasta 160 km de distancia manteniendo una velocidad aproximada de 56 km/h con un peso de 90kg como indica la Figura 5 (AnySkin, 2016).

Figura 5.

Moto eléctrica en 1911



Nota. La Figura 5 muestra una variante de motocicleta eléctrica de 1911 con su batería de 12V. Tomado de (AnySkin, 2016)

La compañía británica de la década de 1920 Ransomes Products diseña y fabrica motocicletas eléctricas, mientras que Automatic Electric Trasmision en Buffalo, New York, desarrolla una pequeña motocicleta de tipo eléctrico; solo en la segunda guerra mundial, Socovel produjo alrededor de 400 motocicletas eléctricas en respuesta a la decadencia de combustible en Bélgica (Ver Figura 6) (Spencer, 2018).

Figura 6.

Motocicleta belga Socovel



Nota. La Figura 6 permite observar la motocicleta Socovel con su batería colocada en la parte baja de la estructura. Tomado de (Spencer, 2018)

En el año de 1967, se reconoce por primera vez una celda de combustible de hidracina y aire para una motocicleta eléctrica desarrollada por el Dr. Karl Kordesch, pionero en el desarrollo de pilas de combustible.

Esta moto puede recorrer 321 Km, alcanzando los 40 Km/h de velocidad con una sola carga, no se produjo un modelo comercial de esta motocicleta debido a que solo se usó para pruebas de celdas de combustible alcalino en general.

En el mismo año, apareció Indian Motorcycles como una empresa estadounidense que mostró un prototipo de motocicletas eléctricas basadas en el modelo Papoose Figura 7.

Figura 7.

Motocicleta eléctrica adaptada 1970 (Electric Vehicle Institute, 2013)



En la época de 1970, la empresa Estadunidense Auranthetic crea una motocicleta eléctrica llamada Auranthetic Charger, tipo scooter, que puede recorrer 80 Km con una velocidad de hasta 40 km/h (Erider, 2019).

Figura 8.

Motocicleta Auranthetic Charger (1972) (Erider, 2019)



En el año de 1973 se marca el record mundial de velocidad para una motocicleta eléctrica con Mike Corbin conduciéndola a 162 km/h, al siguiente año, rompe esa marca de manera impresionante alcanzando una velocidad de 266 km/h (Ver Figura 9).

La empresa que fundó en 1974, Corbin-Gentry Inc. ofreció una línea de motocicletas eléctricas llamadas XLP-1 capaz de recorrer 64 kilómetros y alcanzar 48 km/h en referente a la velocidad.

En julio de ese año, el profesor Charles E. MacArthur escala por primera vez el monte Washington en una motocicleta eléctrica diseñada por Corbin; el evento da inicio a un nuevo suceso anual llamado “Munt Washington Alternative Vehicle Reggatta” (Hilton, 2022).

Figura 9.

Primera motocicleta eléctrica en batir el récord de velocidad (Hilton, 2022)



Dillard (2015) comenta que en 1978, la compañía estadounidense Transatron impulsa una motocicleta eléctrica establecida en el diseño Harley-Davidson Sporster de 1971, pero no pudo conseguir la financiación necesaria para su mercantilización; a fines de la década de 1990, la compañía estadounidense de motocicletas eléctricas creó la moto eléctrica EMB Lectra VR24.

Esta motocicleta fue líder en el uso del motor de reluctancia variable, el uso de este motor permite que la moto recorra 56 km con una velocidad de 82 km/h, este modelo vendió alrededor de 100 unidades como las que se observa en la Figura 10.

Figura 10.*Moto eléctrica EMB Lectra VR24 (Dillard, 2015)*

En 2001 la empresa estadounidense Vogelbilt desarrolla el primer prototipo de la moto eléctrica Electra Crucier como base para desarrollar nuevas tecnologías y mejoras en diversas áreas que la componen, esta motocicleta alcanza una velocidad de 128 Km/h junto con una autonomía de batería que le permite recorrer 96 km con una sola carga.

En el año 2000, Killecucle de Bill Dube establece un nuevo record mundial de velocidad, logrando alcanzar 155 km/h en solo 9.4 segundos en Woodburn Raceway en Oregon (Ver Figura 11) (Marquez, 2012).

Figura 11.*Motocicleta eléctrica Electra Crucier B4 (Marquez, 2012)*

Dube (2000) menciona que con la introducción de baterías de iones de litio en el año 2000, junto con su mejora continua, se ha logrado proporcionar al mercado baterías más

livianas, con mayor capacidad energética y mejor resistencia a los ciclos de carga que permiten abastecer a motores eléctricos más potentes.

En el año 2007 la motocicleta eléctrica Killacyle de Bill Dube combinada con baterías de iones de litio, le permitieron romper sus propios records de velocidad, alcanzando esta vez los 270 km/h en 7.824 segundos, repitiendo la hazaña en el 2008 (Ver Figura 12).

Figura 12.

Motocicleta eléctrica Killacyle (Dube, 2000)



Compañías en América

Hoy en día existen diseños corporativos que fabrican, bosquejan y realizan la venta de motocicletas eléctricas, por ejemplo:

Zero Motorcycles (USA)

Fundada en 2006, define sus motos como el siguiente paso en la evolución de motocicletas; la moto eléctrica combina un aspecto tradicional con la tecnología de punta que les permite dar como resultado unas motocicletas de gran rendimiento que son rápidas y eficientes (Ver Figura 13), actualmente, la empresa promueve 5 tipos de motocicletas para distintas series de automovilismo (WalkAway, 2023)

Figura 13.

Motocicleta eléctrica modelo (Zero S) (WalkAway, 2023)

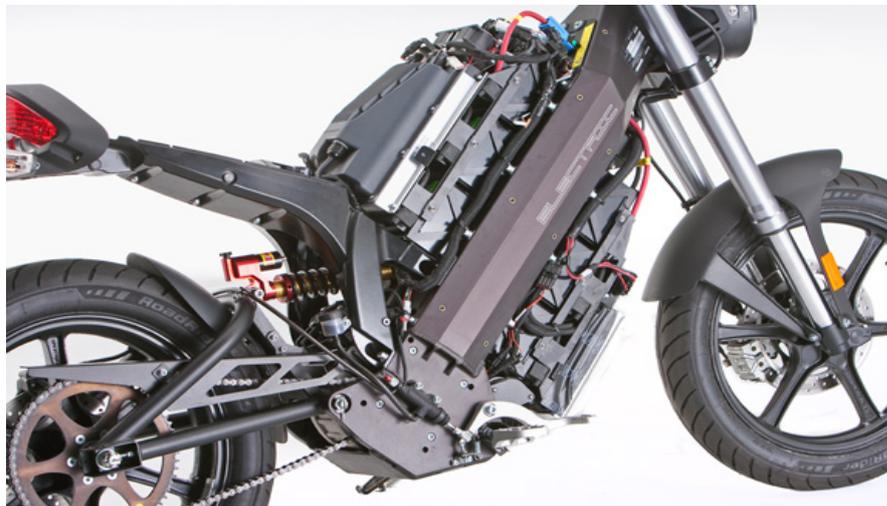


Brammo Motorsport (EE. UU)

Fundada en 2002, definida como empresa líder en el área tecnológica de vehículos eléctricos, la empresa produce tres series de motocicletas como la que se muestra en la Figura 14, mismas que han recibido reconocimiento y premios en varios campos (Miles, 2010).

Figura 14.

Motocicleta eléctrica Brammo Motorsport (Miles, 2010)



Brutus Motorcycle (EE: UU)

Motocicletas eléctricas construidas a mano, para su montaje, en cada etapa se utilizan componentes de calidad y su equipamiento incluye la posibilidad de ajustarlos al gusto del cliente, cuenta con mucha más potencia, la marca se pronuncia como un fabricante de

bicicletas eléctricas que puede lograr la imagen de Harley sin dejar de ser ecológica (Ridden, 2012).

Figura 15.

Motocicleta eléctrica Brutus (Ridden, 2012)



Las baterías

La batería es el componente más costoso, pesado y que ocupa más espacio dentro de un vehículo eléctrico (Ver Figura 16), por ello es importante tener un conocimiento detallado de este tema profundizando ciertos aspectos del mismo; la batería de un vehículo eléctrico generalmente trabaja a voltajes entre los 300v y 400v (Visnic, 2019).

Figura 16.

Baterías de alto voltaje de vehículos eléctricos (Visnic, 2019)



Los vehículos híbridos y motocicletas eléctricas requieren una alta potencia debido al motores que poseen, un motor a gasolina y uno eléctrico, razón por la cual la batería se

desempeña como un acumulador encargado de transformar la energía eléctrica en mecánica de manera que se aproveche para poner en marcha el motor; deben soportar también auto descargas por no funcionar en largos periodos de tiempos, ejemplo: almacenamiento en bodegas o cuando el vehículo permanece estacionado y no lo están utilizando (Hyundai, 2023).

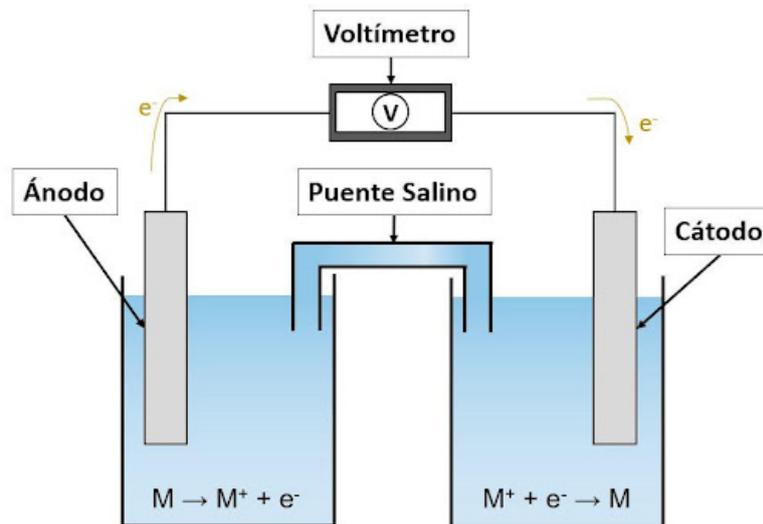
Pérez (2010) señala que una batería es un acumulador de energía eléctrica que consta de dos electrodos sumergidos en un medio electrolítico que le permiten almacenar energía mediante procesos electroquímicos que se producen en su interior (Ver Figura 17).

Una batería puede ser clasificada según estructura o eventualidad, es decir aquellas que no permiten ser cargadas y aquellas que permiten el ingreso de carga a su interior.

Este proyecto se enfoca en el grupo de baterías recargables que gracias a los elementos químicos que la conforman le permiten entrar en un proceso continuo de carga y descarga.

Figura 17.

Sistema de protección catódica (Corrotek, 2018)



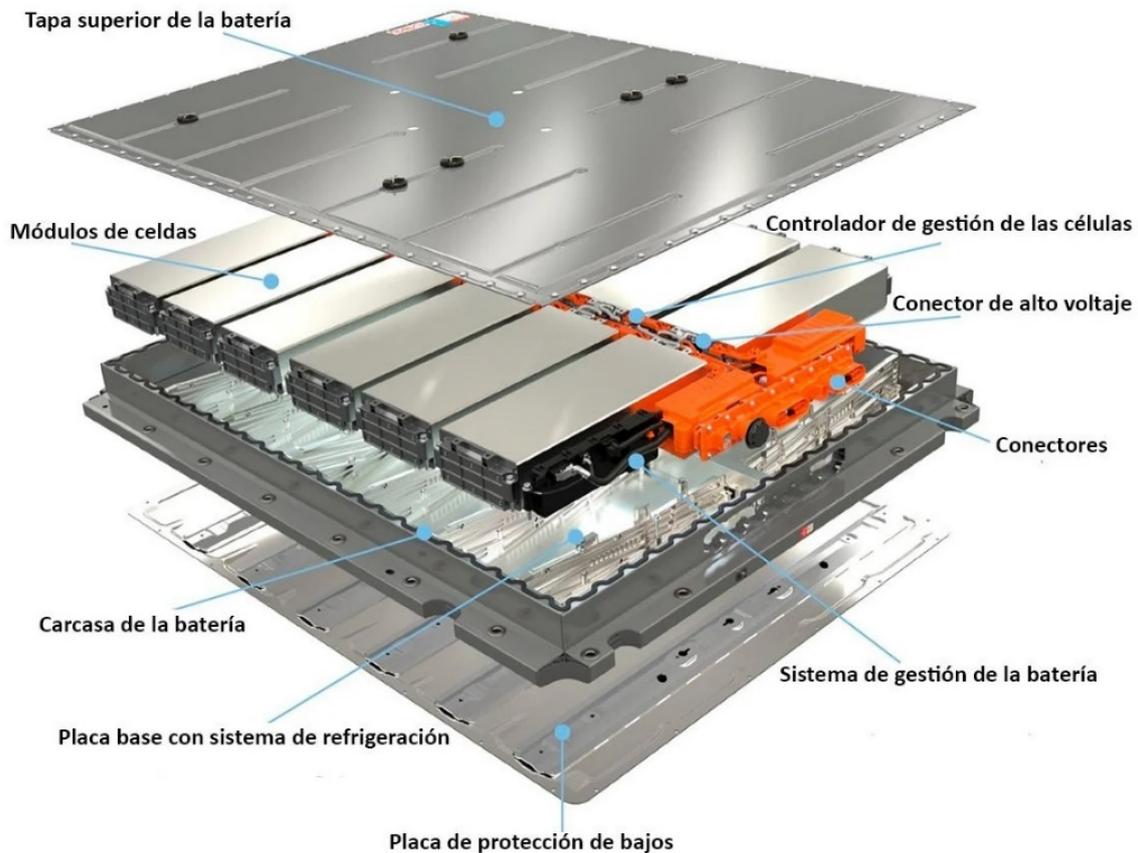
Las celdas internas de la batería están formadas por dos electrodos de diferente polaridad junto con un aislante, cuando estos electrodos se introducen en un medio electrolítico

se genera una diferencia de potencial que produce una transferencia de electrones iniciando la descarga (Ver la Figura 17).

Si al electrodo positivo se le introduce una carga desde una fuente de alimentación de corriente eléctrica se lo llama proceso de carga de batería (Corrotek, 2018).

Figura 18.

Partes de la batería eléctrica (Berizzo, 2021)



Independientemente del fabricante, las baterías están constituidas por electrodos negativos y positivos compuestos por materiales metálicos, sin embargo, esto puede variar ya que existen distintas formas y combinaciones de compuestos y elementos que con avances tecnológicos, químicos e investigativos permiten producir corriente eléctrica a través de algún electrolito.

Dentro de este documento se relata una de las principales combinaciones de varios elementos investigados actualmente que se comercializan por varios fabricantes de la industria (Yuasa, 2023).

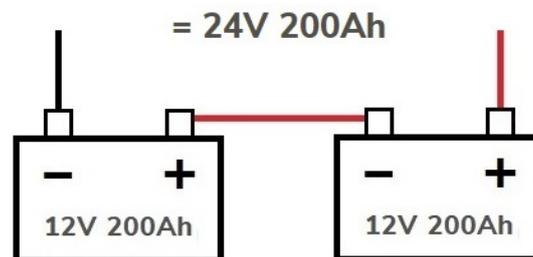
Determinaciones significativas de las baterías

Al momento de decidirnos por una batería para usarla en cualquier dispositivo sea un celular, un electrodoméstico o un vehículo es indispensable tener en cuenta los parámetros de operación de ambos elementos, puesto que estos poseen características eléctricas de entrada y salida de corriente y voltaje además de considerar la forma en que se van a conectar las baterías según la necesidad, tal como se describe a continuación (Baterías y Amperios, 2023).

La tensión generada por cada uno de los elementos o también llamados celdas es la clave para escoger una batería. Al unir varias celdas ya sea en paralelo o en serie podemos obtener la potencia acorde a la necesidad (MPPT Solar, 2020).

Figura 19.

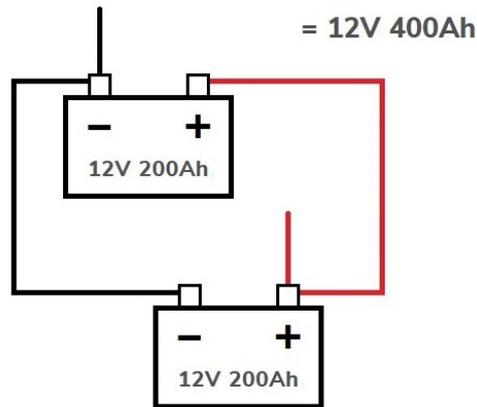
Conexión en serie entre dos baterías



Nota. La Figura 19 muestra una conexión de baterías en serie, esta conexión suma los voltajes y mantiene el amperaje. Tomado de (MPPT Solar, 2020)

Figura 20.

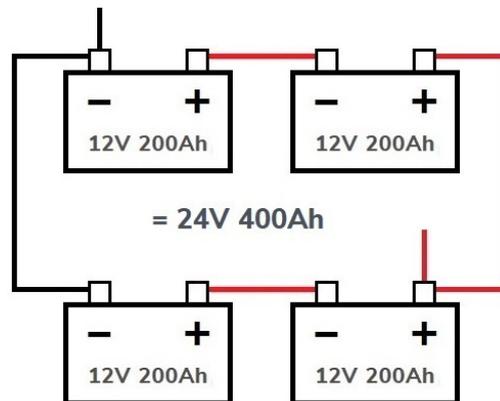
Conexión en paralelo entre dos baterías



Nota. La Figura 20 muestra una conexión en paralelo entre dos baterías en la que las corrientes se suman y el voltaje se mantiene. Tomado de (MPPT Solar, 2020)

Figura 21.

Conexión en serie y paralelo entre baterías



Nota. La Figura 21 permite observar una conexión serie-paralelo en la que se suman los voltajes y las corrientes. Tomado de (MPPT Solar, 2020).

La proporción de carga eléctrica usada para almacenar o proveer un sistema se la conoce como capacidad, que es una variable a tomar en cuenta al momento de seleccionar una batería adecuada que supla la necesidad que el motor requiere para arrancar con una corriente elevada (AutoSolar, 2023).

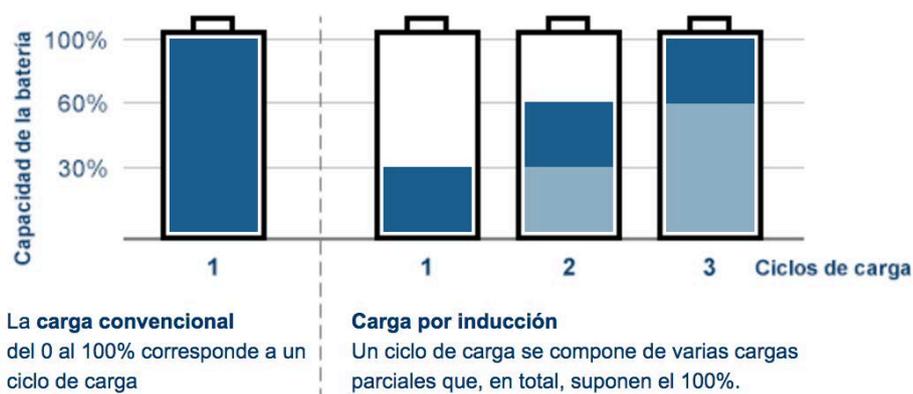
- Su unidad de medida es el amperio-hora
- La energía proporcionada se expresa en Vatio – hora [*Wh*]
- La energía específica indica la cantidad de energía almacenada en relación al peso de la batería y su simbología es la siguiente *Wh/kg*.

- La densidad energética indica cuánta energía puede almacenar un sistema y se expresa en (Wh/L).
- Los ciclos de carga es una cantidad nominal que hace referencia a la duración o vida útil de la batería.

Figura 22.

Ciclo de carga de una batería

Ciclo de carga de la batería



Nota. La Figura 22 indica el comportamiento de la batería para completar un ciclo de carga completo. Tomado de (Todo Taladros, 2017).

Cuando una batería se carga no guarda toda la energía que su conector le proporciona ya que existen pérdidas en un cierto porcentaje según el rango de temperatura en el que se encuentre operando; de 5°C a 25°C el coeficiente de carga debe ser de 1.4, en otras palabras, tiene que suministrar una carga de un 40% más alto de lo deseado.

Una batería posee un rango óptimo de temperatura de funcionamiento, es decir posee valores entre los cuales puede trabajar normalmente sin sufrir daños.

Efecto memoria

Este fenómeno físico afecta la vida útil de una batería. Sucede cuando las baterías se cargan sin que previamente hayan alcanzado una descarga completa, este proceso provoca que, debido a las reacciones químicas internas, el calor o una mala carga formen cristales en su interior lo que provoca que la batería teóricamente reduzca su capacidad de almacenamiento al cargarse incompletamente. Esto suele ocurrir cuando se carga una batería sin esperar que tenga una descarga completa. Para evitar esto, no se requiere esperar que la batería se descargue completamente antes de cargarla nuevamente; una carga completa de unas pocas cargas es suficiente (Technosun, 2022).

Figura 23.

Efecto de memoria generado en baterías

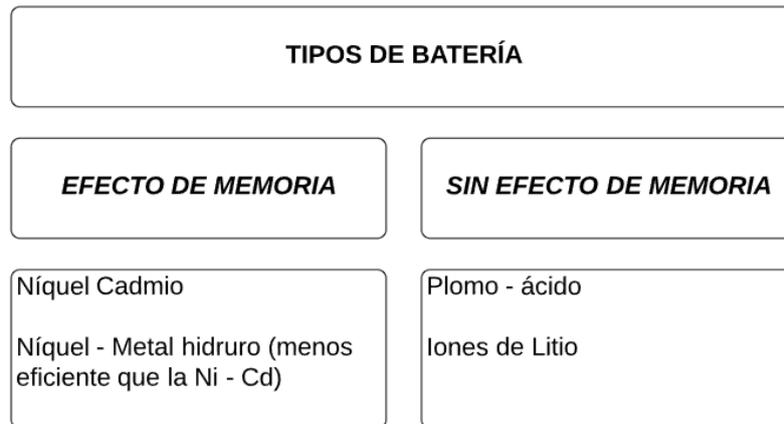


Nota. La Figura 23 permite observar cómo se genera el efecto de memoria en una batería cuando esta se carga desde un nivel de descarga previo. Tomado de (ReasonWhy, 2015).

Hay cargadores en el mercado que equilibran la batería, generando carga gradual que permita cargarla a máxima capacidad.

Figura 24

Tipos de batería que presentan efecto de memoria (Technosun, 2022)



Se recomienda descargar completamente las baterías sin efecto memoria y recargarlas de vez en cuando. En las baterías de litio, este procedimiento se utiliza con frecuencia y se recomienda hacerlo una vez al mes.

Las baterías (Li-Po) polímero – litio no poseen efecto de memoria y no deben descargarse por debajo de 3 V por cada celda como valor aproximado ya que podrían dejar de trabajar, además no deben sobrecargarse más de lo habitual de lo contrario podrían explotar (Xakata, 2015).

Tipos de baterías

Primero veremos los diferentes tipos de baterías que se encuentran dentro y disponibles en el mercado.

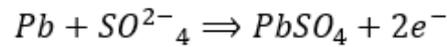
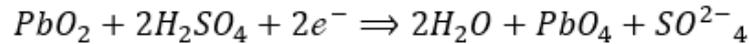
Baterías de Plomo - ácido

Microtex (2023) menciona que son las más utilizadas por automóviles en la actualidad, puesto que, el plomo es barato se lo puede encontrar con relativa facilidad, por ello este tipo de baterías resultan pesadas pero económicas; cuando se realiza la descarga de las baterías la concentración de ácido sulfúrico es muy baja creando Plomo II y aumentando la cantidad de H₂O que se libera; el H₂SO₄ al poseer mayor densidad que el ácido diluido puede servir como un indicador de carga.

La reacción química producida se puede observar en la Figura 25.

Figura 25.

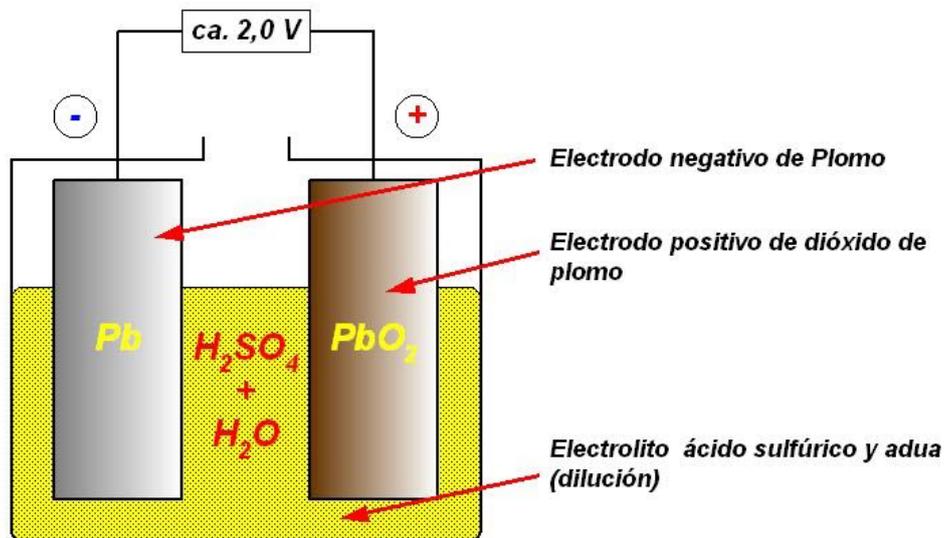
Rx producida en el interior de una batería Pb-ácido (Microtex, 2023)



Las baterías de Pb - ácido se han utilizado durante distintas décadas para iniciar el proceso de arranque de un motor de combustión interna, donde una de sus ventajas es que son de bajo costo y se encuentran estandarizadas a nivel universal, cuentan con una buena potencia específica, buen comportamiento en distintas temperaturas, logran una buena retención de carga en un tiempo determinado y también son comparativamente fáciles de reciclar. Su capacidad de almacenaje es de 40Wh/kg (Soler, 2009).

Figura 26.

Proceso electro-químico de carga y descarga (Soler, 2009)



Ventajas de las baterías Pb - ácido

- Tecnología completamente determinada.
- Gran cantidad de eficiencia.

- Cuenta con una tasa de auto-descarga mensual demasiado baja en lo que cuenta el mes, aproximadamente de un 5%
- El voltaje generado es de 2 V/celda
- No requiere que se le de mantenimiento

Desventaja de las baterías Pb - ácido

- La energía específica tiene un valor de 30-50 Wh/kg, que resulta baja. Se utiliza para el arranque del motor, iluminación y encendido pues no tiene la suficiente potencia como para vencer la inercia del vehículo.
- Tienen un peso excesivo
- Tiene un periodo de cargar más largo
- Sus ciclos de carga oscilan entre valores de 500 a 600

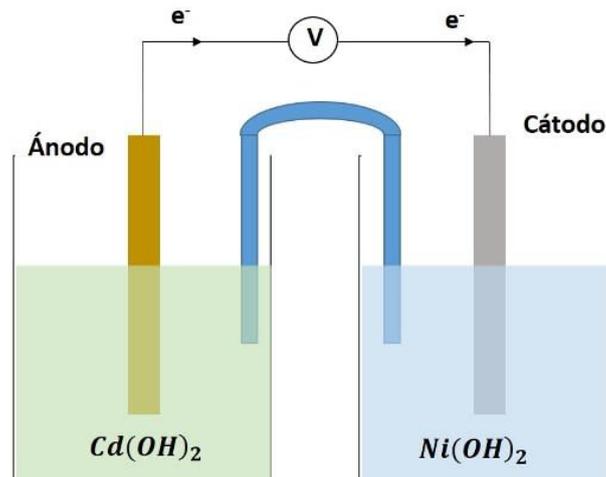
Baterías de Níquel – Cadmio

Trabajan mediante la interacción de un cátodo de Ni(OH)_3 junto con un ánodo de Cd que se encuentran separados por un medio electrolítico de K(OH) .

Es una de las baterías más utilizadas durante 10 años en el Toyota Prius, donde demostraron su extensa capacidad para responder con solidez en las instalaciones de un vehículo híbrido no enchufable, su potencia específica es idónea, su período de vida útil es duradero y no presenta inconvenientes en el ámbito del impacto ambiental, contiene un alto repertorio de descarga en etapas de inactividad (desperdicia alrededor del 30% dentro de un mes estando inactivas o inmóviles); su costo es elevado ya que contiene tierras anómalas dentro del electrodo positivo. Su capacidad de almacenaje es de 60Wh/kg (Winercon, 2018).

Figura 27.

Esquema de funcionamiento de una celda galvánica Ni-Cd (Moron, 2020)



Ventajas de las baterías Ni-Cd

- El rango de temperaturas de operación se encuentra entre (-40 - 60) °C.
- Su energía específica oscila entre 45 a 80 Wh/kg
- Cuenta con una vida cíclica que excede los 1.500 ciclos.
- Confiables y vigorosas.
- Soportan sobrecarga y se pueden cargar cuando el dispositivo no admite más carga a pesar de no almacenarla.

Desventajas de las baterías Ni-Cd

- Poseen un voltaje de 1.2 Voltios por celda.
- Proveen una intensidad en rango (0.5 – 1.0) A en pilas AAA.
- Su efecto de memoria es elevado.
- Los materiales con los cuales están construidas son muy tóxicos y dañinos, que representan un grave daño referente con el impacto ambiental.
- El calor las desgasta prematuramente.

Baterías de hidruro metálico de níquel

El NiMH apareció a inicios del año 2000, posee un rendimiento parecido al de la batería Ni-Cd con diferencia que este tipo de batería utiliza un ánodo – cátodo que bloquea el hidróxido

metálico del hidróxido de níquel; el hecho de no contener Cd la hace menos tóxica (Electrodaddy, 2022).

Figura 28.

Batería de hidruro metálico de Níquel (Electrodaddy, 2022)



Ventajas de las baterías NiMH

- Alta energía específica, con valores que varían entre (60 – 120) Wh/Kg.
- Menos pesadas que las Ni-Cd y menos susceptibles a los efectos de memoria.

Desventajas de las baterías NiMH

- No soportan el frío ni el calor extremo, lo que reduce en gran medida la potencia efectiva que pueden proporcionar
- Tensión de alimentación: 1,2 V/celda.
- Se auto descargan con frecuencia.
- Su vida útil oscila entre 300 a 500 ciclos de carga.
- Envejecen prematuramente por el calor.
- Su efecto de memoria suele ser moderado.

Baterías de iones de litio

Poseen un ánodo elaborado en material de grafito junto con un cátodo de CoO, LiFePO₄ o MgO, pueden tener una alta capacidad de almacenamiento, la descarga completa no es compatible y se usa generalmente en circuitos de protección para reconocer el estado de la batería evitando la sobrecarga y que se drene por completo; al estar construida con materiales inflamables un sobrecalentamiento puede llevarla a explotar (Camós, 2011).

Solé (2022) señala que las celdas que integran la batería de Ion – Litio pueden contener variadas composiciones químicas entre las que se puede mencionar:

- LFP: que la compone una aleación Li – Fe – Fosfato.
- NMC: compuesta por aleación Co – LiCoO₂ – Ni – Mg.
- NCA: consiste en una aleación que contiene AL₂O₃ – LiCoO₂ – Ni.

Figura 29.

Batería de ion Litio (Lezama, 2023)



Gutiérrez, (2020) menciona que el desgaste de estas baterías aparece con el tiempo y con el uso que se le da entre cada ciclo de carga, por ello se recomienda que no sean expuestas a temperaturas extremas, sean bajas o altas, siendo recomendable un rango entre 15 °C y 24 °C.

Sugiere también no forzar la batería cuando su nivel de carga es bajo puesto que esto puede generar un estrés en sus componentes internos acelerando el desgaste; otra de las recomendaciones a tomar en cuenta es que no se debe cargarlas hasta el 100% siendo recomendable que su nivel de carga se encuentre entre valores de 20% y 80%.

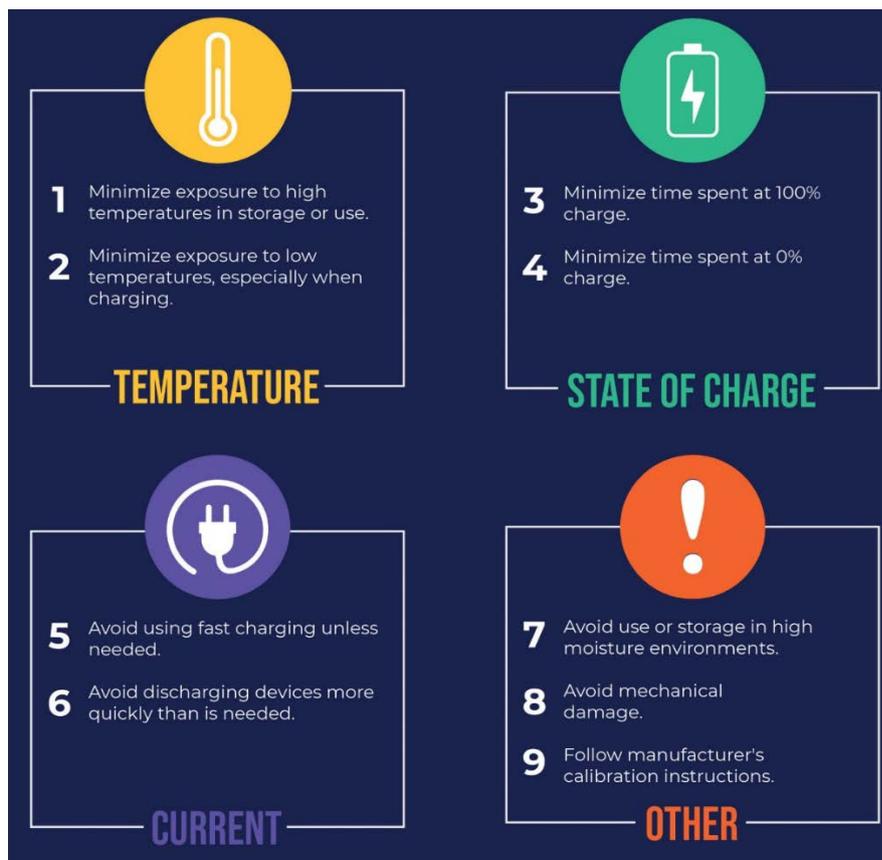
Evitar que la batería se descargue rápida y continuamente es un factor a considerar puesto que esta acción puede llevar a que el dispositivo se degrade de manera precoz. Esto se puede evidenciar en los coches eléctricos cuando se abusa del sistema de aceleración.

Como punto adicional se sugiere evitar modos de carga rápida ya que esta degrada a la batería con mayor rapidez que al utilizar carga normal.

En síntesis, es recomendable evitar que las baterías se expongan a ambientes agresivos, sean húmedos o en extremo calurosos, evitar en la medida de las posibilidades que éstas sufran golpes o daños físicos que pueden alterar su composición interna y el punto más importante es el considerar que el prolongar la vida útil de una batería conlleva a que estas disminuyan sus niveles de producción, bajando así los índices de contaminación.

Figura 30.

Recomendaciones para extender la vida útil de una batería (Gutiérrez, 2020)



Existen varios tipos de baterías *Ion – Li*, éstas entregan un mayor voltaje, debido a su densidad energética y potencia específica, que le permite a este tipo de batería contar con

mayor capacidad de carga, alta eficiencia de recarga y una vida útil superior a las demás. También cuenta con un índice de descarga mucho menor. Su capacidad de almacenaje rodea los $60Wh/kg$.

Ventajas de las baterías ion - Litio

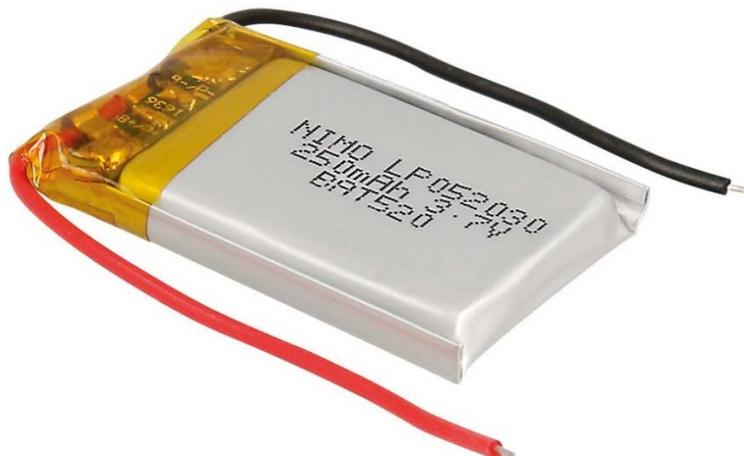
- Voltaje de suministro de 3,3 a 3,8 V.
- Energía de alta calidad: aprox. $110-160 W/kg$.
- Prácticamente no hay rastros de memoria
- Su auto descarga es de nivel moderado y no está elaborada con materiales altamente tóxicos.

Desventajas de las baterías ion - Litio

- No son equilibradas y necesitan contar con un circuito electrónico extra.
- Su ciclo de vida se ve afectado por una alta temperatura, es decir envejecen prematuramente por el calor.
- Son inflamables y explosivas.
- Sujetas a sobrecarga y sobre descarga.

Baterías de polímero de litio

Similares a las de ion-litio usan electrolitos poliméricos sólidos secos. Este electrolito tiene una apariencia plástica, como una película delgada no conductora, que permite intercambiar iones. Los electrolitos poliméricos están reemplazando a los separadores porosos tradicionales impregnados de electrolitos. Por lo tanto, además de peso ligero, empaque simple, bajo porcentaje de auto descarga, no posee efecto de memoria en su estructura y sus ciclos de carga son elevados (Molgar, 2023).

Figura 31.*Batería de polímero de Litio (Molgar, 2023)*

Tablas y graficas comparativas de las distintas tecnologías de baterías

Tabla 1.*Comparativo de las baterías de Li-ion con otras tecnologías*

	Ácido - Pb	Ni - Cd	NiMH	Ion-Li
Energía específica (Wh/Kg)	20 a 35	40 a 55	65	90
Densidad energética (Wh/L)	54 a 95	70 a 90	150	153
Potencia específica (W/Kg)	250	125	200	300
Voltaje de celda (V)	2	1.2	1.2	3.5
Temperatura de operación	Ambiente	40-80	Ambiente	Ambiente
Auto-descarga (%/día)	2	0.5	5	0.3
Ciclos admitidos	800	1200	1000	>1000
Horas de carga	8	1	1	2 a 3

Nota. La tabla permite observar las características técnicas de los diferentes tipos de batería consideradas en el estudio.

Tabla 2.*Comparativo de las distintas tecnologías apoyadas en Litio*

Tecnología	Ion-litio	Polímeros de litio	Polímeros de metálico
Características			

Ánodo	Carbón	Carbón	litio
Electrodo	Líquido	Poli-electrolito	Poli-electrolito
Cátodo	Oxido metálico ($LiCoO_2$, $LiNiO_2$, $LiMnO_2$, O^4)	Oxido metálico ($LiCoO_2$, $LiNiO_2$, $LiMnO_2$, O^4)	Oxido metálico, Azufre orgánico (polímeros conductores)
Voltaje nominal (V)	3.7	3,7	2 a 3,6
Densidad de energía	Alta	Alta	Muy alta
Vida útil	Excelente	Buena	Malo
Temperaturas bajas	Bueno	Media	Malo
Seguridad	Mala	Media	Buena
Flexibilidad - tamaño	Mala	Buena	Buena

Nota. La tabla realiza una comparativa de las características de las distintas baterías de Litio existentes

Tabla 3.

Resumen de características de diferentes tipos de baterías

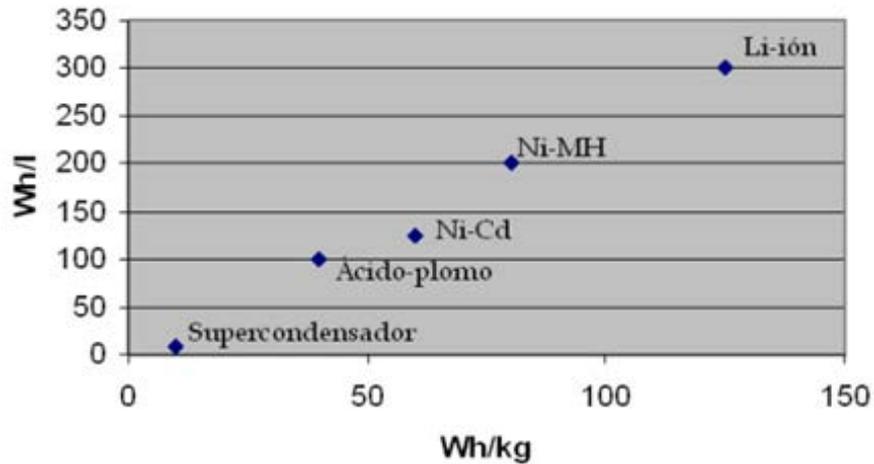
Tecnologías Parámetros	Pb - ácido	Níquel Cadmio	Níquel MH	Li- Ion	Li - Po
Voltaje (V/celda)	2	1,2	1,2	3,7	3,6-3,7
Energía específica (Wh/kg)	30 a 50	45 a 80	60 a 120	100a130	100a130
Ciclos de vida (para mantener el 80% de su capacidad inicial)	500a600	1,500	300a500	500a100	500
Auto descarga (%/mes)	5	20	30	10	10
Tiempo de carga (horas)	8-16	1	2-4	2-4	2-4

Nota. La tabla resume las características técnicas más relevantes de los diferentes tipos de baterías eléctricas.

Para culminar con el análisis, se ha creado un gráfico que muestra los datos de la energía específica (Wh/Kg) y densidad de energía (Wh/l) de las distintas tecnologías disponibles, comprobando los datos de cada tecnología como se muestra en la Figura 32

Figura 32.

Comparativa entre tecnologías existentes de baterías (Molgar, 2023)



Nota. La Figura muestra el nivel que se encuentran las distintas tecnologías de baterías.

La gráfica indica que la batería más indicada para nuestro proyecto será la de Li-Ion basado en su relación Capacidad – Carga. Por lo tanto, las baterías de litio poseen mejores características en cuanto a los parámetros requeridos.

Conceptos de conexión

La conexión eléctrica se refiere a los métodos y técnicas utilizados para vincular y establecer conexiones eléctricas entre diferentes componentes, dispositivos u objetos en un circuito eléctrico. Estas conexiones son esenciales para garantizar el flujo de energía eléctrica y el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos y electrónicos.

Existen varios tipos de conexiones eléctricas según el tipo y propósito del circuito y el tipo de componentes involucrados. Algunos de los métodos de cableado eléctrico más populares incluyen:

Conexiones en serie: Los componentes están conectados uno tras otro, formando un circuito continuo por el que fluye la electricidad.

Conexiones en paralelo: Los componentes están conectados "en paralelo", lo que significa que tienen los mismos puntos de corriente inicial y final, lo que permite que cada componente reciba los mismos voltajes, pero diferentes.

Figura 33.

Esquema representativo de una celda



Nota. La Figura muestra la estructura de una celda con sus polos positivo y negativo.

Se observa la estructura básica de una batería que cuenta con sus polos positivo y negativo por los que se genera una tensión y recorre una corriente. En la Figura 33 se puede observar la configuración en serie de tres de estas celdas o baterías en las que la corriente es constante y los voltajes se suma.

Figura 34.

Esquema de tres celdas conectadas en serie.

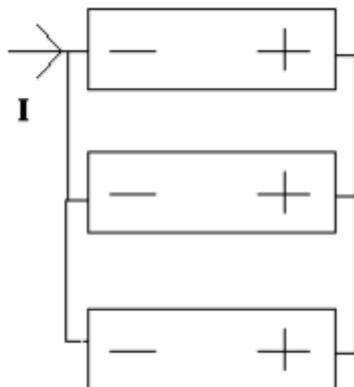


Nota. La Figura muestra una configuración conocida como 3s1p por estar conectadas 3 celdas en serie y una rama en paralelo.

En la conexión en paralelo la corriente (i) se obtiene mediante la expresión $3 \cdot i$ mientras la tensión generada entre los bornes es V .

Figura 35.

Esquema de tres celdas conectadas en paralelo



Nota. La Figura muestra una configuración conocida como 1s3p por estar conectadas 1 rama en serie y 3 celdas en paralelo.

Sistema de gestión de batería (BMS)

Es un sistema necesario al momento de implementar sistemas de alimentación por baterías que requieran ser controlados y de esta manera evitar posibles calentamientos que causen daños en las celdas perjudicando su funcionamiento individual o global. Estos problemas son comunes y ocurren debido a las diferencias de voltaje que causan desequilibrio eléctrico entre las celdas reduciendo la eficiencia del pack de baterías hasta en un 25%.

Tiene por función el controlar y brindar protección a las celdas del siguiente modo:

- Controlar el estado de cada célula que forma el conjunto.
- Calcular datos secundarios.
- Presentar un informe de los datos recopilados permanentemente.
- Controlar el entorno para que este mantenga el equilibrio.
- Medición del voltaje total e individual del pack y de las celdas.
- Medición de la intensidad de corriente circulante.
- Temperatura general y de las celdas individuales.
- Parámetros ambientales como flujo de aire que permita enfriar la batería.
- Calcular el SOC o DOD para conocer qué nivel de carga posee la batería en tiempo real.
- Estado de la salud de la batería.
- Nivel de carga máxima de la batería.
- Total, de energía entregada por la batería.
- Tiempo total de operación

Adicionalmente el BMS brinda una protección a la batería para impedir que ésta opere fuera de sus límites permisibles evitando:

- Sobrecarga de corriente.
- Generación de voltaje excesivo durante el proceso de carga.

- Trabajar con voltajes bajos durante la descarga.
- Operar con temperaturas límite sean altas o bajas.

Para maximizar la capacidad energética de la batería, evitando que esta se sobrecarga u opere con voltajes en extremo bajos, el BMS garantiza que cada celda mantenga el mismo estado mediante las siguientes operaciones:

- Gastando la energía de las células que posean un mayor nivel de carga mediante reguladores de voltaje.
- Traslado de la energía de las células que se encuentren con mayor nivel de carga a aquellas que tengan un nivel más bajo mediante balanceadores.
- Reducir la corriente a un nivel más bajo que evite daños sobre las células que posean una carga completa mientras las demás celdas sigan cargándose

Los BMS pueden ser clasificados en varios tipos:

- **Gestión centralizada:** donde un controlador se conecta a cada celda de la batería mediante cables en un sistema estrella. Esta suele ser más económica, pero necesita múltiples conexiones por cable.
- **Distribuido:** para ello se instala un chip en cada una de las celdas y se las conecta mediante un cable que comunique la batería con el controlador mediante una conexión de anillo. Implican un costo más elevado pero una instalación más fácil.
- **Modular:** se instalan varios controladores que manejan un determinado número de celdas comunicadas entre sí.

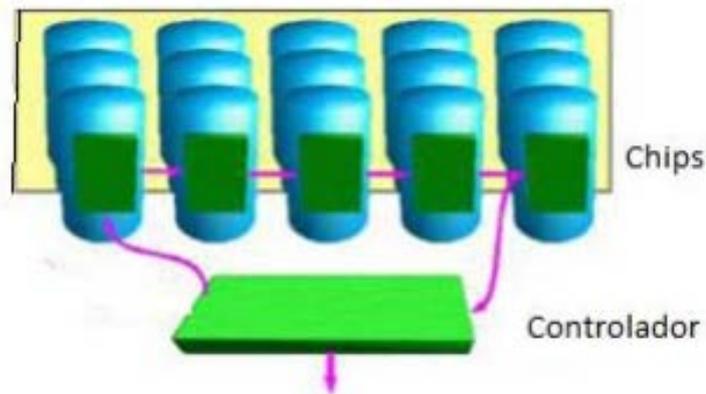
Existen varios fabricantes de BMS lo que implica encontrar múltiples modelos en el mercado. Para este trabajo se ha escogido el BMS Lithiumate producido por Elithion, un proveedor de amplia trayectoria en la distribución de partes para vehículos eléctricos. Entre las empresas que utilizan sus productos se pueden mencionar:

- **Vectrix.** Es un scooter que cuenta con una BMS de Elithion instalada.

- **Lightning Motorcycle.** Es considerada una de las motos eléctricas que puede alcanzar las velocidades más altas en el mundo.

Para conectar el BMS con el controlador se debe realizar una conexión con cable que una cada borne de la batería en serie tal como se detalla en la Figura 37.

Figura 36.
Conexión del BMS



Nota. Se muestra la conexión de un BMS con las baterías de ion-litio.

Proteus

Es un software de diseño electrónico para diseñar y simular circuitos electrónicos, ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería electrónica y mecánica que permite desarrollar prototipos y probar circuitos antes de la implementación física.

El software Proteus proporciona un entorno de diseño integrado que consta de dos componentes principales: Proteus Design Suite y Proteus VSM (Modelado de sistema virtual).

Proteus Design Suite permite crear esquemas electrónicos manejando una extensa biblioteca de elementos y dispositivos electrónicos. Los beneficiarios tienen la posibilidad de elegir y ubicar los elementos en el lienzo de diseño y enlazarlos por medio de cables virtuales para crear

circuitos electrónicos. Además, Proteus dispone de un simulador que permite probar y verificar el comportamiento de los circuitos antes de su uso.

Proteus VSM (Modelado de sistema virtual) es una extensión de Proteus que simula sistemas integrados completos. Con Proteus VSM, los usuarios tienen la posibilidad de diseñar y simular microcontroladores, periféricos y sistemas integrados en sus dispositivos.

Controladoras

En esta investigación se incluye una sección que trata sobre el controlador, que, a pesar de no ser un punto principal del proyecto.

Un controlador es un dispositivo que trabaja de manera automatizada que controla, transforma o ayuda a transportar la energía eléctrica recolectando la energía que se encuentra almacenada en la batería y la envía al motor para poner en marcha al vehículo (Ferrovial, 2022). Hay muchos fabricantes de controladores hoy en día. Por lo tanto, en este escrito nos centraremos en los tres controladores más económicos y utilizados en el mercado. Junto con la batería y el motor, el controlador es un elemento de importancia para el correcto funcionamiento de cualquier vehículo eléctrico, así como también es responsable de regular funciones primarias previo al inicio de los sistemas eléctricos. Con los avances de la tecnología los controladores se vuelven más pequeños en tamaño sin perder su eficiencia.

El voltaje de salida de la batería debe ser el mismo que el de la entrada del controlador para que trabaje adecuadamente.

Figura 37.

Controlador, motor y fuente de poder (SiaEcosys, 2023)



El controlador tiene por objetivo restringir el arranque del motor eléctrico, ya que se requiere una gran cantidad de electricidad, siempre que la fuente lo permita, se encuentran diseñados para usarse en una variedad de vehículos de transporte. Dichos controladores son programables, fáciles de instalar, eficientes y económicos. Las aplicaciones comunes son los carritos de golf y los vehículos comerciales pequeños (GSL, 2021).

En resumen, se han analizado varios modelos de controladores pertenecientes a la marca UQM Technologies, SEVCON y EM-100 VOTOL que ofrecen variedad en motores, generadores y controladores para vehículos de tipo híbrido y eléctrico.

El paquete controlador PowePhase 75 cubre las necesidades planteadas, posee capacidad para una potencia continua de 75 kW. El controlador utiliza una tecnología basada en una configuración IGBT, misma que se instalará en tres de ellos.

Figura 38.

Controlador UQM Powerphase 75 (SpeakEV, 2020)



SEVCON ofrece una variada gama de productos y elementos eléctricos como los controladores de serie GEN4 – G80 y sus modelos G8018, G8035, G8055. Su voltaje de entrada es de 72 a 80 VDC.

Figura 39.

Controlador SEVCON para motor de AC, 72 V, 350 A (Energy EV, 2023)



La marca EM-100 VOTOL ofrece una gran variedad de controladores ya sea para motocicletas eléctricas como también para vehículos eléctricos.

Figura 40.

Controlador Votol EM-100 (Productosymas, 2023)



Este controlador es uno de los más aptos y óptimos dentro del mercado ya que no ocupa mucho espacio y es muy eficiente, este controlador es muy fácil de usar en cualquier vehículo eléctrico sin especificaciones ya que se puede programar acorde a la necesidad, trabaja con un voltaje de 72 voltios y una corriente de 100 Amperes.

Utilizando una tabla, compararemos los controladores de las 3 marcas más comerciales del mercado y elegiremos una acorde a nuestra necesidad.

Tabla 4.

Resumen de características de diferentes tipos de controladores

Fabricante	Tensión mínima IN (V)	Tensión máxima IN (V)	Corriente máxima OUT (i)
UQM Powerphase 75	240	420	400
SEVCON gen4 G8018	72	80	180
SEVCON gen4 G8035	72	80	350
SEVCON gen4 G8055	72	80	550
EM-100 Votol	72	85	100

Nota. La tabla 4 resume las características técnicas de voltaje de los controladores eléctricos.

Con esta comparación de controladores se ha decidido utilizar el controlador EM-100 VOTOL debido a que es programables y a la vez es mucho más comercial y se acopla a nuestras necesidades tanto económicas como dimensiones físicas y su composición electrónica.

Metodología

El presente proyecto se desarrolló en 5 etapas consecutivas entre sí que se resumen a continuación:

- Actividad 1.- Diagnóstico del funcionamiento del motor eléctrico
- Actividad 2: Simulación de una BMS mediante Proteus
- Actividad 3: Diseño del pack de batería.
- Actividad 4: Selección de la batería
- Actividad 5: Construcción de la batería

A continuación, se describen cada una de las etapas o actividades.

Diagnóstico del funcionamiento del motor eléctrico

Se ejecutaron pruebas del comportamiento de trabajo del motor que nos proporcionaron información de la estructura electrónica interna para su evaluación.

En la ejecución de la comprobación del funcionamiento del motor se utilizaron herramientas de diagnóstico especializadas para motores eléctricos de motocicletas, este instrumento es denominado (megahmetro o megger) y nos ayudó a verificar el aislamiento que existe dentro del bobinado del motor como se muestran en las imágenes siguientes:

Figura 41.

Comprobación de aislamiento empleando el megahmetro o megger



Posterior a la verificación del aislamiento se ejecutó la medición trifásica con un equipo adecuado, con el fin de obtener información detallada sobre el rendimiento y el funcionamiento del motor que cuenta con un sistema trifásico mostrando así un campo magnético giratorio que impulsa el movimiento del mismo.

Figura 42.

Equipo para medir fases eléctricas



Los principales datos del motor se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Informe de prueba del motor

Modelo del Motor	72V8KW-APT600
Número del motor	202007030003
Tensión nominal	72 V CC
Potencia nominal	8 KW

Nota. La tabla 7 señala los parámetros del motor eléctrico.

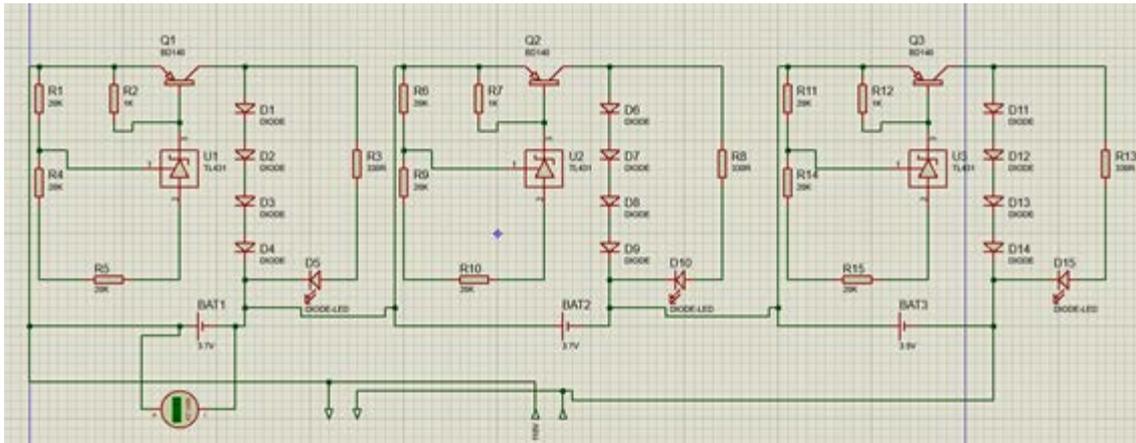
Simulación de una BMS mediante Proteus.

En esta etapa se simuló el comportamiento de la BMS en cada una de las baterías mientras el motor eléctrico se encuentra en funcionamiento o en proceso de carga.

Se creó una simulación con base en un modelo existente el cual nos ayudó a identificar los componentes que conforma la BMS, en el programa Proteus se evidenció el comportamiento al momento de la carga en cada celda del pack de batería. A continuación, en la imagen se muestra la simulación de 3 celdas.

Figura 43.

Circuito esquemático realizado en Proteus



Nota. Partes del circuito esquemático realizado en la suite Proteus.

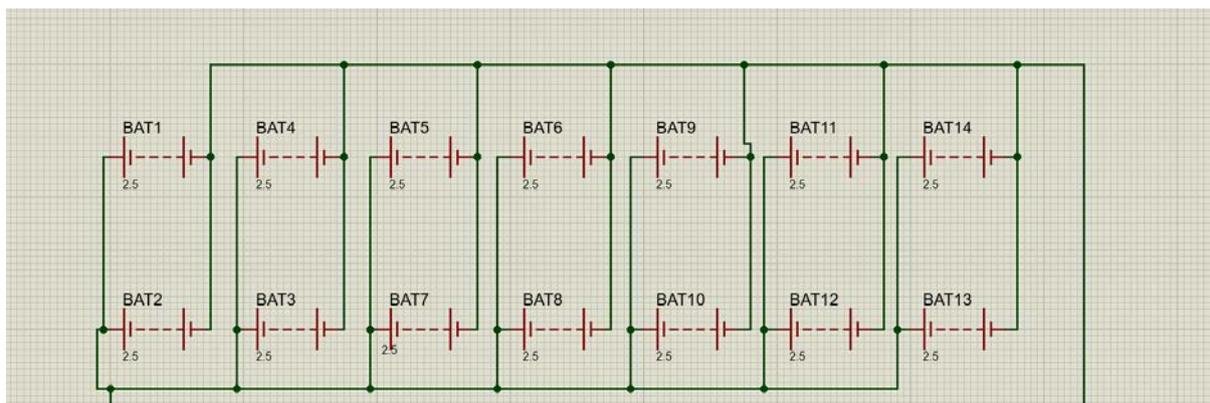
Diseño del pack de batería

Con la ayuda de programa Proteus y Tinkercad se diseñó un pack de batería con el número de celdas adecuadas y sus respectivas conexiones para que pueda generar el movimiento en el motor.

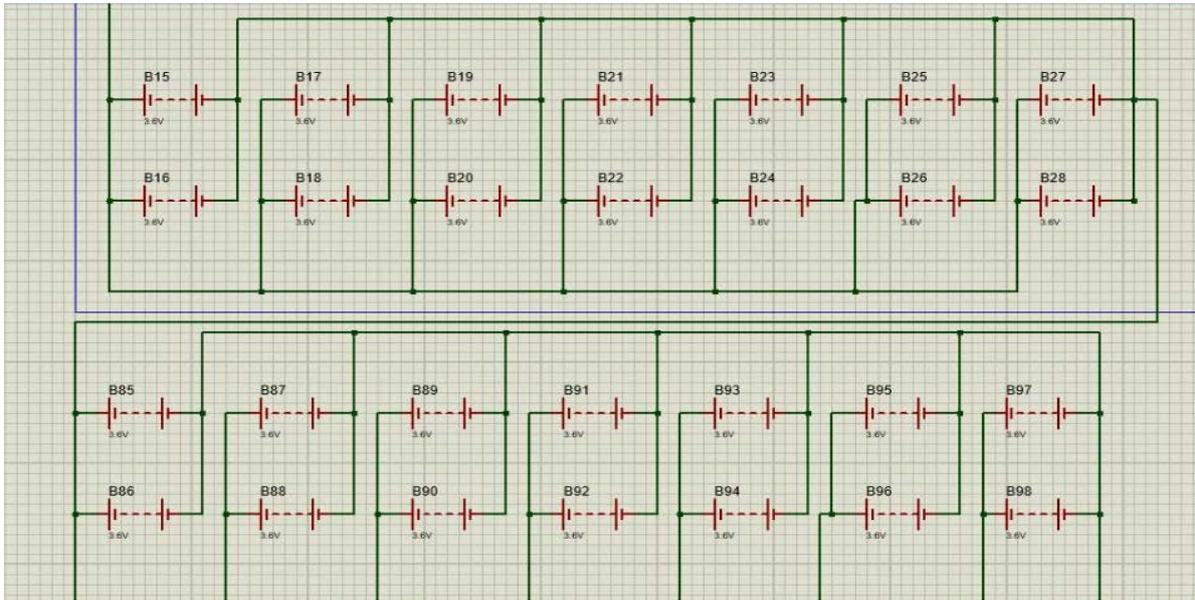
Con una configuración elegida de 7s20p se diseña el pack de baterías con ayuda de Proteus realizando el siguiente montaje:

Figura 44.

Esquema de conexión de un paquete del pack de baterías.

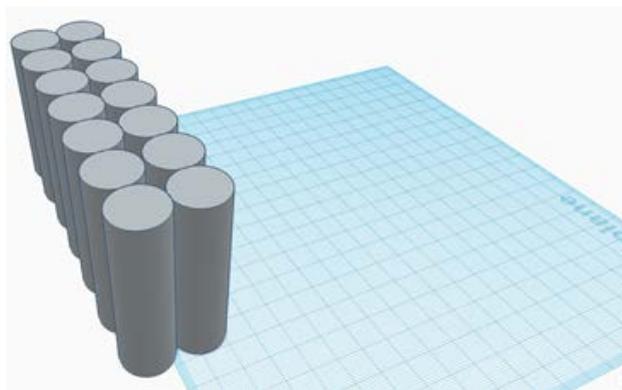


Nota. La Figura muestra la conexión en paralelo de 7 celdas y también 14 en serie.

Figura 45.*Diseño de 7 celdas realizado con Proteus*

Nota. Arreglo de baterías utilizando la suite Proteus.

Adicionalmente se conectaron entre sí los bornes que se encuentran en posición adyacente agrupándolos de tal manera que se compacten el mayor espacio posible. Tras realizar varias pruebas se optó por construir un conjunto integrado por bloques de 14 celdas ubicados uno a continuación de otro de manera que esta distribución facilita el proceso de cableado ya que la longitud de los cables será la menor posible

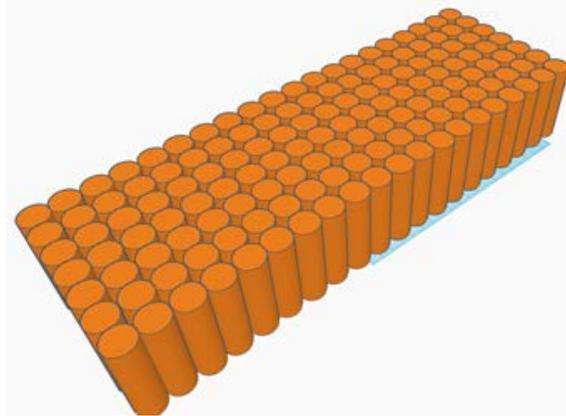
Figura 46.*Bloque de 14 celdas*

Nota. Bloque de 14 celdas generado en la suite Tinkercad.

Para que todas las celdas se distribuyan adecuadamente se necesita formar 20 columnas con 7 celdas cada una. Para optimizar el espacio se ha realizado una disposición de 7 filas con 20 bloques.

Figura 47.

Arreglo general de baterías

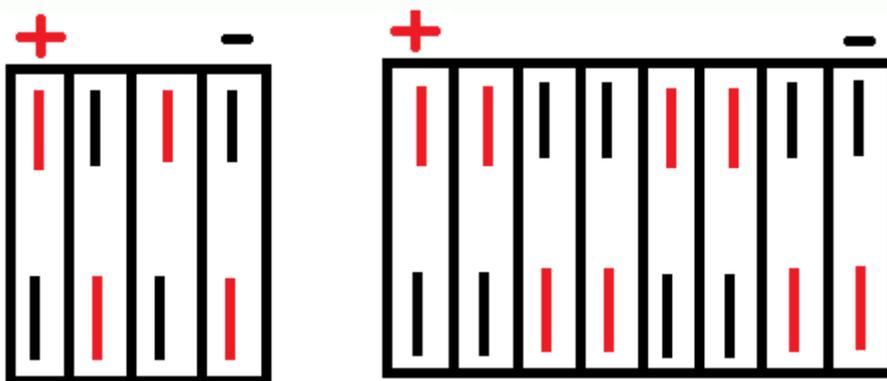


Nota. La Figura permite observar el arreglo del conjunto de baterías en una distribución 20x7.

Se realizaron las conexiones faltantes agrupando en serie cada uno de los grupos. Para simplificar la conexión se ubicó cada grupo de celdas en paralelo manteniendo las polaridades similares de tal manera que un polo positivo se ubique inmediatamente adyacente con un polo negativo (Ver Figura 49)

Figura 48.

Colocación de celdas con diferente configuración.



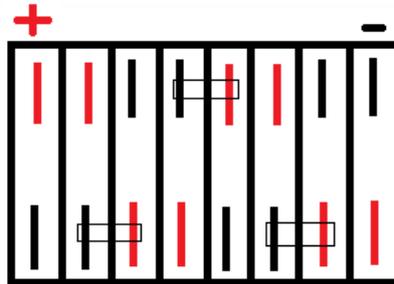
Nota. Muestra dos diferentes configuraciones de celdas. 4s a la izquierda y 4s2p a la derecha.

La Un polo positivo se conecta con el polo negativo de la siguiente celda hasta lograr cablear el sistema en modo serie (Ver Figura 50).

Figura 50 muestra el esquema de conexión de los conjuntos de celdas.

Figura 49.

Conexión de los esquemas

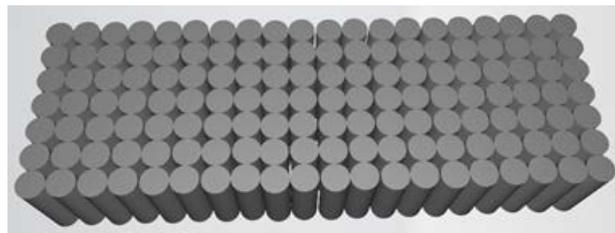


Nota. Muestra la conexión de los conjuntos en paralelo que se realizara en el pack de baterías.

Un polo positivo se conecta con el polo negativo de la siguiente celda hasta lograr cablear el sistema en modo serie (Ver Figura 50).

Figura 50.

Vista lateral del conjunto

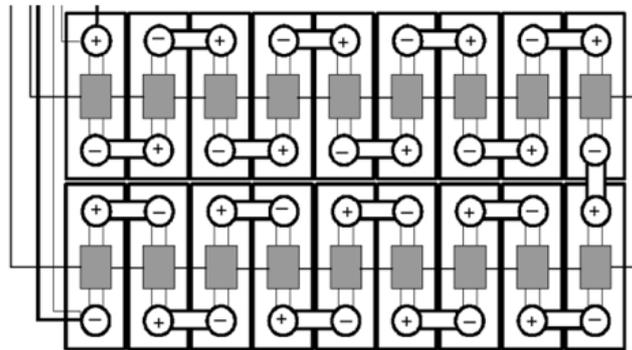


Nota. La Figura muestra la conexión del conjunto en su vista lateral.

En la Figura 51. se observan las placas de circuito impreso colocadas en la parte superior con una placa ubicada tras alternar tres celdas que se encuentran conectadas en paralelo con conexión al borne positivo y borne negativo respectivamente con un anillo entre ellos.

Figura 51.

Conexión de las placas de circuito impreso del BMS (Moron, 2020)



Nota. Vista superior del esquema de conexión de las placas de circuito.

Las dimensiones del paquete de baterías son las de un prisma de forma rectangular:

- Altura: 70 mm
- Ancho: 160 mm
- Fondo: 400 mm

Selección de la batería más adecuada

Una batería ideal debería cumplir con las siguientes especificaciones:

- Disponibilidad de una alta densidad energética y energía específica que cuente con la mayor ligereza posible.
- Se requiere que posea alta eficiencia energética.
- Las descargas sean lentas disminuyendo las pérdidas.
- La vida útil se alta, para de esta manera disminuir pérdidas.
- Que trabaje con normalidad sometida a los cambios climáticos.
- Robustez que le permita soportar vibraciones, golpes o sobre cargas.
- Amigable con el medio ambiente, de bajo mantenimiento y económica.

No existe una batería propiamente dicha que reúna todas estas cosas, por lo que, en un minucioso proceso de selección, revisaremos las distintas opciones de batería disponibles para determinar cuáles satisfacen las necesidades en cuanto a su rendimiento. Buscaremos una

batería que ofrezca el mejor rendimiento general, teniendo en cuenta características importantes como la autonomía, la eficiencia energética y la vida útil. Las baterías que no cumplan con los estándares especificados serán desechadas, asegurando que nuestra elección final sea la más adecuada para maximizar el rendimiento y la satisfacción de una motocicleta eléctrica.

Las baterías de Ni-Cd e hidruro metálico - níquel están asociadas a un problema de efecto memoria, por lo que no serán consideradas. Se excluyen las baterías de Pb-acido ya que poseen una capacidad de energía específica muy baja y no les es posible soportar ciclos de carga – descarga continuos, por ello la mejor opción a ser implementada en la motocicleta es una batería de ion – Litio.

Figura 52.

Paquete de baterías a ser implementado en la motocicleta eléctrica



Nota: la imagen representa el conjunto de baterías ensamblado con recubrimiento de cinta adhesiva que sirve como aislante.

En la imagen anterior se muestra el conjunto de baterías de ion-litio ensambladas con una cinta adhesiva que servirá como un aislante y fijación de la Battery management system (BMS) y las celdas con la estructura de la moto eléctrica.

Construcción de la batería y configuración

En esta etapa se ensambló el pack de baterías en la moto eléctrica con sus respectivas conexiones para su adecuado funcionamiento, la cual cubrió nuestras necesidades y cumplió con nuestras expectativas.

La selección de la configuración más adecuada al propósito deseado debe cumplir las siguientes pautas:

- Obtener los valores necesarios para que el controlador funcione de manera óptima.
- Se puede agrupar un máximo de 140 celdas.
- Obtener el mayor voltaje posible dentro del rango admisible.

Tener en consideración estos parámetros se pueden conectar las celdas de diferentes modos, mismos que se indican en la Tabla siguiente.

Tabla 6.

Resultados de las posibles conexiones

Configuración	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia
7s24p	84	17.5	1470
8s34p	120	20	2400

Nota. La Tabla muestra los valores que se han obtenido tras probar diferentes configuraciones en celdas.

Donde:

- El valor del voltaje total se obtiene tras multiplicar la tensión nominal de las celdas independientes por el total de los elementos configurados en serie.
- La intensidad de corriente total se obtiene con el producto de la intensidad de cada celda multiplicado por el número total de elementos conectados en serie.
- Según datos del fabricante la intensidad de corriente máxima se obtiene tras una descarga realizada a temperatura máxima de 14 °C con un valor de 25.6 A.

La potencia de la batería se puede obtener tras multiplicar la intensidad de corriente por el Voltaje generado.

De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se elimina la configuración 8s34p puesto que rebasa la intensidad de corriente permisible y se selecciona la 7s24p ya que es la opción que presenta un valor de voltaje óptimo.

Para ello, se conectaron grupos de siete celdas que permitan obtener ramas en paralelo lo más juntas posible para reducir la longitud del cableado dejando los bornes localizados en la parte superior y parte inferior de la batería respectivamente.

Las baterías deben ser ubicadas en un espacio definido considerando que la temperatura y los procesos de carga harán que estas se expandan o contraigan de manera continua lo que puede acelerar el tiempo de desgaste. Para prevenirlo es aconsejable instalar un montaje o sujeción que mantengan una distancia adecuada y fija entre las baterías.

Análisis de los resultados

Corresponde a la última etapa que implica examinar y evaluar los datos específicos relacionados con el funcionamiento, efectividad y características operativas del conjunto de la moto eléctrica.

Estado del motor

Se realizó las pruebas respectivas del paquete de batería conectando la controladora al motor basándonos en el diagrama de funcionamiento dado por el fabricante.

Figura 53.

Pruebas realizadas sobre el arreglo de celdas



Nota. Lectura de parámetros eléctricos realizados sobre el pack de baterías.

La imagen anterior muestra un sistema de conexión entre el motor eléctrico, la controladora y el pack de baterías. Este conjunto representa la transferencia de energía más eficiente, ordenada y segura. Se observa además la representación del presente y el futuro de la movilidad eléctrica,

destacando la configuración del pack de baterías de ion-litio para lograr un funcionamiento óptimo demostrando que es un diseño ideal para la moto eléctrica.

Figura

54.

Motor eléctrico de 8 KW



Nota. Datos del motor de la moto eléctrica.

Esta imagen muestra los datos del motor eléctrico: código y versión a la que pertenece. Este es una fuente de movimiento de tipo cubo de rueda de rotor exterior BLDC con sensor Hall, de marca QSMOTOR conformado por un doble eje con borde de ciclomotor de 17 pulgadas (integrado), cuenta con la altura de un imán de 50 mm y con 16 pares de polos, construido por un estator cuyo núcleo es de aluminio.

Algunos datos extras del motor son los siguientes:

- Par de torsión máximo aproximadamente es de 350 N.m
- Kv programables desde 72V hasta 120V
- Cuenta con una sonda térmica KTY83-122
- Su eficiencia máxima aproximadamente es de 88%
- Su potencia nominal es de 8000w.
- Tamaño de llanta 17x3,5 pulgadas

A continuación, se presenta un resumen de los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas por el fabricante:

Tabla 7.

Informe de parámetros puntuales tras prueba de motor (SiaEcosys, 2023)

Puntos característica	V	A	W in	T N.m	rpm	W out	n %	t (s)
Punto de no carga	72.15	8.202	591.8	0.2	1205	25.23	4.3	0.000
Calificado	70.44	126.6	8919	66.0	1157	8000	89.7	45.22
Punto de eficiencia máximo	70.44	126.6	8919	66.0	1157	8000	89.7	45.22
Punto de máxima potencia de salida	67.47	315.1	21260	190.6	891	17781	83.6	77.00
Punto de par máximo	68.12	255.7	17417	262.2	389	10680	61.3	117.0
Punto final	72.30	2.077	150.1	0.3	0	0	0	0

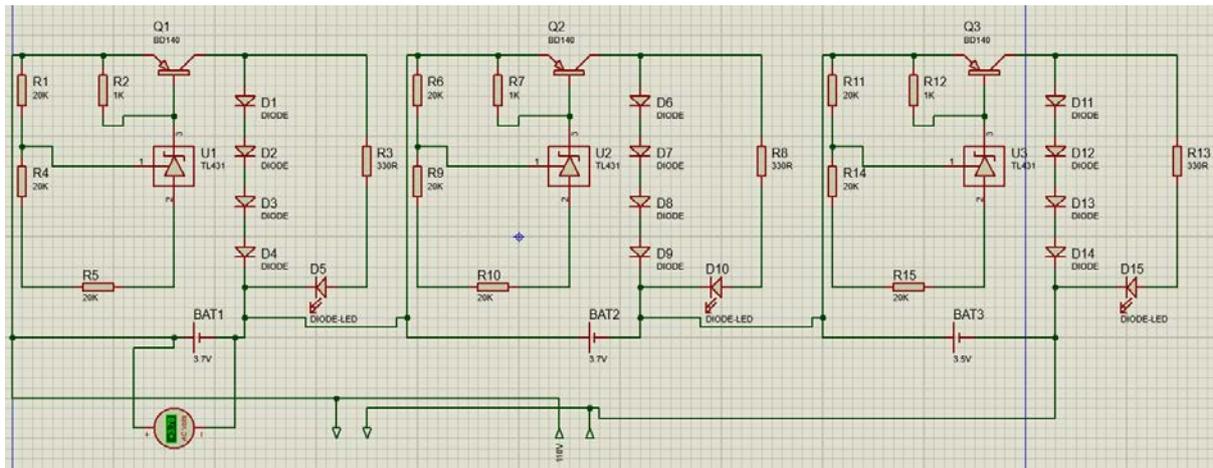
Nota. La tabla señala los resultados de la prueba realizada al motor sin montaje en la estructura.

En la tabla anterior se muestran los datos generados por el fabricante, especificando las características y comportamiento del motor cuando se aplica un cierto valor de voltaje.

Simulación del comportamiento del circuito de la (BMS)

Figura 55.

Circuito esquemático de los componentes realizado en Proteus

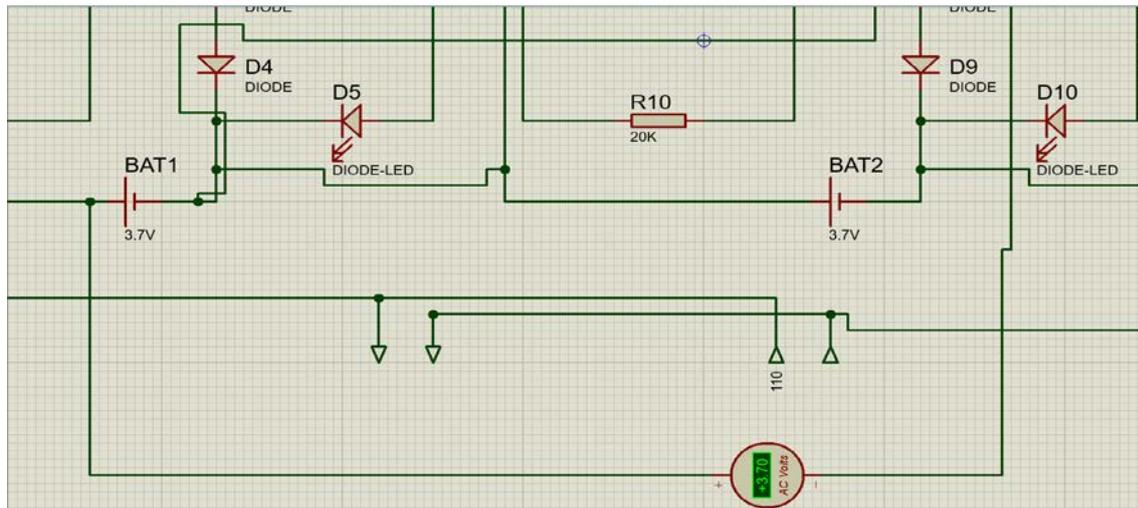


Nota. Partes del circuito esquemático realizado en la suite Proteus.

En la figura anterior se muestra los componentes que conforman una Battery management system (BMS), configuración y orden que van conectados, estos componentes son fáciles de adquirir en el mercado nacional. Mediante la simulación se determina que cumple con el correcto funcionamiento al momento de aplicarle un cierto voltaje a cada una de sus entradas.

Figura 56.

Circuito del funcionamiento de la BMS en el comportamiento de carga

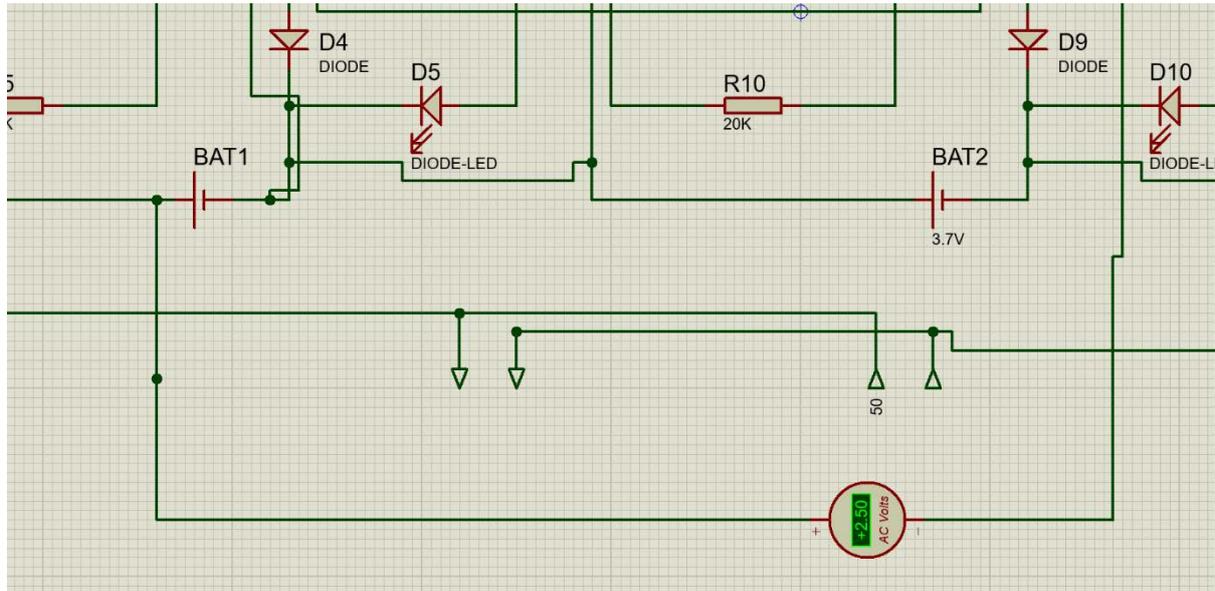


Nota. Partes del funcionamiento de la BMS aplicando un voltaje real al cargador realizado en la suite Proteus.

En la imagen anterior se muestra el comportamiento al momento de colocar una carga eléctrica, en este caso es el valor real del cargador de baterías. La BMS entra en funcionamiento cuando llega a su máxima carga, es decir, el voltaje en cada una de las celdas de la batería no debe sobre pasar su carga máxima que es 3.7 voltios.

Figura 57.

Circuito del funcionamiento de la BMS en el comportamiento de descarga.



Nota. Partes del funcionamiento de la BMS aplicando un voltaje de descarga realizado en la suite Proteus.

En la imagen anterior se muestra una parte del comportamiento de la BMS al momento que el pack de batería se descargó a 50v el cual sería el mínimo voltaje de funcionamiento, la BMS no permitirá que se descargue más de 2.5v cada una de las celdas para evitar daños de sobre descarga.

Tabla 8.

Datos del cargador

Modelo	72 V 5^a
Input	110v~50-60 Hz
Output	DC84.0V 5.0A

Nota. La tabla 8 señala los parámetros del cargador del pack de baterías.

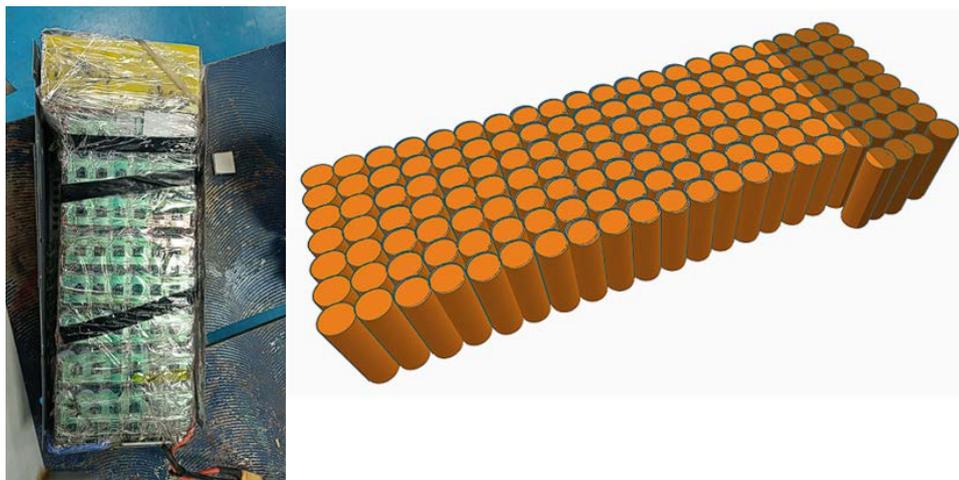
En la tabla anterior se reflejan los datos obtenidos directamente del cargador donde se detalla los voltajes con los cuales trabajará al momento de carga del pack de baterías.

Diseño del conjunto de baterías.

El diseño seleccionado se basó en el espacio disponible en la moto eléctrica.

Figura 58.

Pack de batería ensambladas y simuladas



Nota. En la figura 58 se muestra el conjunto de 140 celdas de baterías de ion-litio conectadas en serie y en paralelo.

En la imagen anterior se muestra la implementación de un pack de baterías de ion-litio de marca ROFFER, de 40x14x7 cm y 65 gramos, conformada por 140 celdas otorgando un voltaje de salida de 84V y 17.5A.

Análisis de las celdas

Como primer paso para poder elegir el mejor modelo de las celdas de nuestra batería para proyecto a desarrollar es investigar y examinar los distintos tipos de celdas disponibles en el mercado nacional que sean fáciles de conseguir y sean adaptables a nuestras necesidades. El modelo analizado se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Datos sobre distintos modelos de celdas dentro en el mercado nacional

Modelo	N° de celdas	Voltaje celda (max)	Voltaje total	Capacidad	Peso celda	Wh celda
Altairnano 50Ah	21	2.3	48.3	50	160	1014
Altairnano 11Ah	85	2.3	195.5	11	366	16618
Ukai 8867220	139	3.7	51.3	9.7	258	36
Fullwatt						

Ukai 167062 Fullwatt	263	3.7	97.1	6	130	22
KOKAM SLPB 55205130H	112	3.7	44.4	11	292	46413
KOKAM SLPB 160460330	8	3.7	29.6	240	255	237
Enerland PQ 0300XP	4059	3.7	15.18	0.3	8.2	60959280
Enerland PQ 0800XP	960	3.7	352	0.8	23	3409920
Gala Hp 602030 NCA	22	3.6	79.2	45	150	1742
JBDC INRI 18650	22	3.6	79.2	3	150	1742
ROOFER 2500A	140	3.7	518	2.5	450	1295

Nota. La Tabla señala las características técnicas de los diferentes modelos de celda del mercado. El voltaje se mide en Voltios, la capacidad en Ah y el peso en gramos.

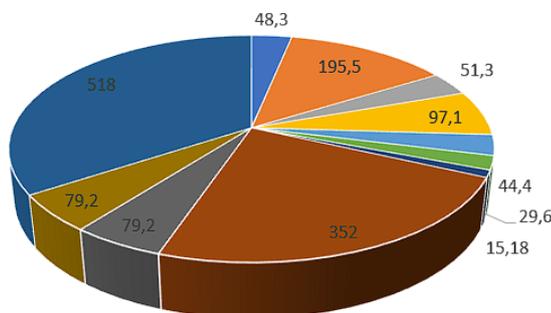
Para realizar la tabla se ha considerado el espacio que se dispone para colocar el conjunto de batería y se ha tenido en cuenta el volumen ocupado. Cada batería tiene un número calculado de celdas, que se las puede incluir en el paquete de baterías, Inicialmente los cálculos se realizaron para abastecer un volumen de 40 centímetros cúbicos.

Luego se calcula el voltaje total que proporcionará la batería y su capacidad. Con estos datos se pueden obtener el total de vatios-hora y Wh/kg del pack de baterías. Esta tabla muestra los parámetros más importantes para elegir la batería más adecuada para nuestra moto eléctrica.

Figura 59.

Jerarquía comparativa de distintas tecnologías de baterías

Datos sobre distintos modelos de celdas dentro en el mercado



Nota. La gráfica representa la cantidad de voltaje total [V] que se puede obtener de distintas baterías encontradas en el mercado.

En la imagen anterior se muestra una jerarquía de distintas tecnologías encontradas en el mercado donde muestra que la batería más indicada para utilizar en la moto eléctrica son las ROOFER 2500 que cumplen con las características a la hora de brindar una autonomía deseada y se ajustan a nuestra economía.

El modelo de motocicleta fue reajustado en el chasis con un aislamiento (lata de tol, esponja aislante), que evita el contacto con el agua y la estructura de la moto, además proporciona un ajuste adecuado del pack de baterías y facilita el acceso para la revisión de conexiones y mantenimiento.

Construcción del pack de baterías.

En esta etapa se ensambló el pack de baterías en la moto eléctrica con sus respectivas conexiones para su adecuado funcionamiento, la cual cubrió nuestras necesidades y cumplió con nuestras expectativas.

El nivel de voltaje entregado por el pack de baterías debe ser el máximo permisible para de esta manera reducir las pérdidas que se derivan por una elevada intensidad de corriente. Se debe considerar que las ramas en paralelo deben estar en equilibrio, es decir que cada una de

ellas debe contener el mismo número de celdas. La Figura 60 muestra la unión de celdas para formar el pack de baterías

Figura 60.

Celdas seleccionadas para la batería



Nota. Permite observar el arreglo general de 140 celdas que se ha ensamblado.

Pruebas y resultados obtenidos.

Antes de integrar el motor en el chasis de la moto eléctrica, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas con todos sus componentes para garantizar su correcto funcionamiento. En este proceso, se sacó un tornillo de banco, una herramienta especialmente diseñada para asegurar una sujeción firme del motor en el eje base, lo que contribuyó significativamente a mantener su estabilidad al accionar el acelerador. De esta manera, se garantiza un rendimiento óptimo y seguro del motor al ser incorporado en el chasis de la moto eléctrica.

La puesta en funcionamiento del motor requirió la realización de conexiones esenciales. En primer lugar, se establecieron las conexiones de los sensores Hall ubicados en el motor, cruciales para detectar la posición y velocidad del rotor y permitir un control eficiente de la corriente eléctrica. Asimismo, se conectó el acelerador, generando la señal que regula el flujo de corriente hacia la controladora y determina la energía suministrada al motor según las necesidades del conductor. Además, se establecieron los cables principales para la alimentación desde la batería, asegurando la provisión de energía necesaria para el sistema. Los cables de

fase también se conectaron, posibilitando el flujo trifásico de corriente hacia el motor y asegurando su funcionamiento óptimo. Una figura adjunta ofrece una representación visual provisional de estas conexiones cruciales.

En conjunto, estas interconexiones constituyen la base del sistema, permitiendo un funcionamiento coordinado y eficiente del motor. Los sensores Hall y el acelerador se encargan de gestionar la potencia, mientras que los cables principales y de fase aseguran una alimentación y flujo eléctrico adecuados. Este proceso de conexión es vital para el logro exitoso del objetivo de activar y operar el motor de manera efectiva

Figura 61 .

Conexión y fijación del QSMOTOR para pruebas.



Nota. Permite observar las conexiones con los distintos componentes para su funcionamiento antes de implementar en el chasis de la moto eléctrica.

Luego de las conexiones se determinaron la velocidad máxima a la que puede llegar el QS MOTOR con el pack de batería sin tener peso de carga alguno en un determinado tiempo.

Figura 62 .

velocidad real del QS MOTOR.



Nota. Permite observar la velocidad máxima a la que llega QS MOTOR con el pack de baterías de 84V.

En la imagen anterior se muestra en el tablero digital la velocidad que alcanza el QS MOTOR a carga total del acelerador con el pack de batería de 84V y 17.5 A.

Para la siguiente prueba se ensambla todos los componentes de la moto eléctrica y se procede a realizar pruebas de ruta con la batería totalmente cargada para determinar así su velocidad y a la vez su rendimiento aproximadamente estas pruebas se realizaron en distintas irregularidades superficiales, rectas con aceleración máxima, superficies en pendientes máximo 30° con aceleración máxima, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos

Tabla 10.

Datos sobre distintas pruebas con el pack de batería ensamblado.

Voltaje (V)	T= 0 a T=Max (s)	Peso (kg)	Superficie	Velocidad máxima(km/h)	Movimiento del acelerador	Autonomía (Min)
84	12	25		85	Máximo	120
84	25	170	Recta y sin obstáculos	45	Máximo	45

84	30	170	Pendiente inclinada hasta 30°	18	Máximo	25
----	----	-----	-------------------------------------	----	--------	----

Nota. La Tabla señala las diferencias velocidades y comportamiento al aplicar peso y superficies.

En la tabla anterior se muestra un análisis de velocidad y peso donde indica que puede alcanzar una velocidad real hasta 85 km/h máximo y 2 horas de duración sin aplicar ningún peso, luego de las cuales pueden ser recargadas con facilidad en cualquier estación de 110v en tiempo estimado de 1 hora, éstos datos fueron obtenidos mediante pruebas reales antes de ensamblar los componentes a la moto eléctrica.

En condiciones ideales (recta continua y sin obstáculos), la moto con motor eléctrica alcanza velocidades constantes de hasta 45km/h y mantenerse por un 30 minuto. En condiciones con topografías irregulares se estiman que alcancen velocidades 15 km/h y con duraciones desde 12 minutos debido a que necesita más torque y por ende mayor consumo de corriente, estos datos derivan de pruebas reales realizadas en las instalaciones de la Universidad Internacional SEK con un peso estimado de 95 kg que es el peso total de la estructura de la moto y 75 kg que es peso promedio de una persona dándonos un total de 170 kg.

La capacidad de la batería se mide en (Ah), indica la cantidad de energía que la batería puede proporcionar durante un período de tiempo. En este caso, la batería de 84V 17,5A es de aproximadamente 1470Wh ($84V \times 17,5Ah = 1470Wh$).

Esta capacidad determina la autonomía energética de un vehículo o el tiempo de conducción de algún equipo o sistema.

Discusion de resultados

En el proceso de análisis metodológico, se emplearon los datos suministrados por Segovia J. (2021), quien detalló la utilización previa de un paquete de baterías basado en tecnología LiFePO₄ 26650 en el diseño de la configuración anterior, caracterizado por ciertas limitaciones constructivas. En contraposición, en el diseño actual se ha optado por un enfoque basado en baterías de Ion-Litio de la marca ROOFER 2500, según lo respalda la información obtenida de nuestra propia investigación. Esta elección se sustenta en la capacidad de ensamblaje modular, que permite ajustar el número de celdas en función de la necesidades y recursos económicos. Es importante destacar que, en el caso del paquete de baterías anterior, solo se efectuó una concepción de diseño, careciendo de pruebas de funcionamiento en la moto eléctrica. En contraste, el presente trabajo presenta pruebas empíricas que validan las afirmaciones que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Datos comparativos. (Segovia Sanchez, 2021)

	Baterías de Ion-lito de marca ROOFER 2500	Baterías de LiFePO4 26650
Voltaje nominal	84 V	96 V
Amperaje nominal	17.5 A	60 A
Energía de la batería	1470 Wh	5760 Wh
Configuración de las celdas	7S24P	30S17P
Dimensiones	(400)*(140)*(70) mm	(225)*(690)*(325) mm
Peso	45 kg	53 Kg
Voltaje de casa una de las celdas	3.5 V	3.2 V

Nota. La Tabla señala las diferencias entre el pack de baterías utilizadas actualmente en la moto eléctrica vs-datos obtenidos de Segovia J (2021).

La tabla muestra una comparación entre las baterías de Ion-litio marca ROOFER 2500 y las baterías de LiFePO₄ 26650 en términos de varias especificaciones clave. A partir de estos datos realizaremos una discusión de los resultados obtenidos.

Voltaje nominal: Se observa que las baterías de LiFePO₄ tienen un voltaje nominal más alto en comparación con las baterías de Ion-litio ROOFER. Debido a que cuenta con mayor cantidad de celdas, esto podría tener implicaciones directas en la potencia y eficiencia de las aplicaciones que utilizan estas baterías, ya que un voltaje más alto podría significar una mayor capacidad para manejar cargas pesadas.

Amperaje nominal: Las baterías de LiFePO₄ tienen un amperaje nominal significativamente mayor en comparación con las baterías ROOFER. Esto indica que las baterías de LiFePO₄ podrían proporcionar una corriente más alta, lo que podría ser beneficioso en aplicaciones que requieren una entrega de energía más rápida y constante, es decir al momento de partida inicial, y al momento de subir una pendiente prolongada.

Energía de la batería: Las baterías de LiFePO₄ tienen una capacidad de energía mucho mayor en comparación con las baterías ROOFER. Esto sugiere que las baterías de LiFePO₄ podrían proporcionar una autonomía más prolongada en la moto eléctrica.

Configuración de las celdas: Las baterías de LiFePO₄ tienen una configuración de celdas diferente, con una mayor cantidad de celdas en serie y en paralelo en comparación con las baterías ROOFER. Esto podría influir en la distribución de la carga, la estabilidad de la tensión y la capacidad de gestionar descargas y cargas.

Dimensiones y peso: Las baterías de LiFePO₄ son más grandes y pesadas en comparación con las baterías ROOFER. Esto podría ser un factor crítico al momento de la implementación del pack de baterías, donde el espacio y el peso son limitados, por lo tanto, las baterías ROOFER son más adecuadas para llevar a cabo este proyecto.

Voltaje de cada celda: Las baterías de LiFePO₄ tienen un voltaje de celda ligeramente menor en comparación con las baterías ROOFER. Esto podría influir en la forma en que se conectan y gestionan las celdas en la batería, así como en su comportamiento durante el ciclo de carga y descarga.

En general, la elección entre estas dos baterías dependerá de las necesidades específicas de la aplicación. Las baterías de LiFePO₄ destacan por su mayor capacidad y corriente nominal, mientras que las baterías ROOFER podrían ser más adecuadas en términos de tamaño y peso en ciertos casos. Es crucial destacar que al pack de batería ROFFER se pueden ir adjuntando más baterías de las mismas características y así aumentara su autonomía y a la vez su rendimiento.

Conclusiones

- Tras realizar un exhaustivo diagnóstico del motor QSMOTOR de 8 kW de potencia suministrado por la Universidad Internacional SEK utilizando un megóhmetro y un medidor de fases, se ha determinado con precisión las características y el estado actual del motor. Este análisis detallado permite establecer las óptimas condiciones de operatividad, asegurando un buen rendimiento y prolongando su vida útil en futuras aplicaciones.
- En el proceso de investigación acerca de los tipos de baterías disponibles en el mercado ecuatoriano para su implementación en la moto eléctrica, se ha obtenido una comprensión detallada de las opciones disponibles. Se ha identificado una variedad de tecnologías de baterías, cada una con sus propias características únicas. Las baterías de Ion-litio se destacan por su alta densidad de energía y versatilidad, lo que las convierte en una opción atractiva para aplicaciones de movilidad eléctrica
- El uso del software especializado en diseño electrónico PROTEUS puede facilitar y mejorar el desempeño de la configuración del bloque completo de baterías, considerando los requisitos de corriente, voltaje y potencia de la controladora. Después de considerar varias opciones se decidió desarrollar una configuración 7S24P.
- Tras la integración y pruebas pertinentes realizadas con un conjunto de baterías de tecnología de iones de litio se determinó que, con la configuración antes realizada, presentan un comportamiento adecuado al momento de arrancar y mantener una velocidad constante en el motor, este proyecto es escalable debido a que a mayor cantidad de baterías mayor es la autonomía lograda.

Recomendaciones

- Considere la compatibilidad: es importante asegurarse de que las baterías de iones de litio que elija sean compatibles con la motocicleta eléctrica en la que las instalará. Se deben considerar factores como la capacidad de carga, el voltaje y el tamaño de la batería para garantizar su compatibilidad.
- Seguridad y protección: Las baterías de iones de litio requieren medidas de seguridad adecuadas. Asegúrese de que la batería incluya sistemas de protección contra sobrecarga, descarga, cortocircuitos y altas temperaturas. Considerar instalar un sistema de administración de baterías (BMS) para monitorear y controlar el estado de la batería.
- Peso y distribución: Considere el peso de la batería y su distribución en la motocicleta. Intentar equilibrar el peso para mantener la estabilidad y el rendimiento de la moto eléctrica. Además, asegúrese de que el cuadro de la bicicleta sea lo suficientemente resistente para soportar el peso adicional de la batería.
- Protección del medio ambiente: considere proteger sus baterías de iones de litio de las condiciones ambientales adversas, como la lluvia, la humedad y el polvo. Puede usar una cubierta protectora o un estuche duradero para mantener la batería segura y prolongar su vida útil.

Bibliografía

- Achour, H. (2016). Driving cycle developments and their impacts on energy consumption of transportation. *Journal of Cleaner Production*, 112.
- Aliexpress. (2019, Octubre 20). Retrieved from https://es.aliexpress.com/item/4000092185543.html?ws_ab_test=searchweb0_0,searchwe
- AnySkin. (2016). *Age of diesel*. Retrieved from Technology and art of the first half of the 20th century: <https://anyskin.tumblr.com/post/141895544357/1911-electra-3-speed-electric-motorcycle-claimed>
- Appleton, S. (2022). *RGE*. Retrieved from HISTORY OF ELECTRIC BIKES: WHERE DID EBIKES COME FROM?: <https://reallygoodebikes.com/blogs/electric-bike-blog/history-of-electric-bikes>
- Arteaga, L., Delgado, C., Pantoja, M., & Pantoja, A. (2014). Diseño y construcción de una motocicleta eléctrica: una alternativa para el transporte sostenible. *El Hombre y la Máquina*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/478/47838946011.pdf>
- AutoSolar. (2023). *¿Qué es un amperio-hora?* Retrieved from <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-amperio-hora>
- Baterías y Amperios. (2023). *Soluciones y baterías*. Retrieved from Baterías en serie y paralelo ¿Como debo conectar?: <https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/baterias-en-serie-y-paralelo-como-debo-conectar/>
- BBVA. (2023). *¿Quién inventó el primer coche eléctrico?* Retrieved from <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/>
- Berizzo, R. (2021). *Factores que afectan a la vida útil de la batería de un vehículo eléctrico*. Retrieved from <https://groups.google.com/g/vehiculos-electricos/c/aN8caDg5xhc?pli=1>

- Camós, J. (2011). *motor pasión*. Retrieved from El 'embalamiento térmico', cuando las baterías de iones de litio arden, y su posible solución en forma de chip: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/el-embalamiento-termico-cuando-las-baterias-de-iones-de-litio-arden-y-su-posible-solucion-en-forma-de-chip>
- Cornejo, P. (2022). *Propuesta de Implementación de la Motocicleta Eléctrica Scooter NIU NI como Alternativa de Movilidad en Guayaquil en Función del Rendimiento Energético*. Retrieved from <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5577/1/UIDE-G-TMA-2022-6.pdf>
- Corrotek. (2018). *Corrotek: corrosion specialist*. Retrieved from Protección catódica: <https://corrotek.cl/en/service/proteccion-catodica/>
- Council, W. E. (2015, 06 20). *Global Transport Scenarios 2050*. Retrieved from https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec_transport_scenarios_2050.pdf
- Dillard, T. (2015). *THE ELECTRIC CHRONICLES: POWER IN FLUX*. Retrieved from THE ELECTRIC GARAGE: THE LECTRA VR24: <https://evmc2.wordpress.com/2015/05/08/the-electric-garage-the-lectra-vr24/>
- Dube, B. (2000). *KillaCycle Specs. and the KillaCycle Team*. Retrieved from <http://www.killacycle.com/about/>
- Electric Vehicle Institute. (2013). *EV Institute*. Retrieved from ELECTRIC MOTORCYCLES: <https://evinstitute.wordpress.com/2013/04/16/electric-motorcycles/>
- Electrodaddy. (2022). *ElectroDaddy*. Retrieved from Baterías de hidruro metálico de níquel (NiMH): <https://www.electrodaddy.com/baterias-de-hidruro-metalico-de-niquel-nimh/>

- Energy EV. (2023). *Energy EV*. Retrieved from Partes y refacciones para vehículos eléctricos:
<https://energyev.com/tienda/controladores-ac/controlador-sevcon-para-motores-de-ac-72v-a-350a-size-4/>
- Eriider. (2019). *A Brief History Of Electric Mopeds & Electric Vehicles*. Retrieved from
<https://eriderbikes.com/history-of-electric-mopeds/>
- Ferrovial. (2022). *Ferrovial*. Retrieved from ¿Qué son los sistemas de control eléctrico?:
<https://www.ferrovial.com/es/stem/sistemas-de-control-electrico/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20conjunto,necesita%20para%20su%20correcto%20funcionamiento.>
- GreenLine. (2020). *Moto Eléctrica Vs Moto a Gasolina*. Retrieved from ¿Cuál es la diferencia entre una moto eléctrica y una moto a gasolina?: <https://greenline.ec/electrica-vs-combustion/>
- GSL. (2021). *GSL Industrias*. Retrieved from
https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/controlador_de_velocidad_para_motor
- Gutiérrez, D. (2020). *Híbridos y eléctricos*. Retrieved from ¿Cómo puedo alargar la vida de las baterías de iones de litio? 6 consejos para cuidar la batería de tu coche eléctrico:
https://www.hibridosyelectricos.com/coches/consejos-alargar-vida-baterias-iones-litio-coche-electrico_33394_102.html
- Hilton, M. (2022). *Iron&Air*. Retrieved from Quicksilver: The Record-Setting Electric Bike:
<https://ironandair.com/quicksilver-electric-bike/>
- Hyundai. (2023). *Zonaeco*. Retrieved from ¿Son potentes los motores de los coches híbridos?:
<https://www.hyundai.com/es/zonaeco/eco-drive/potencia-coche-motor-hibrido>
- Lezama, J. (2023). *Diario Motor*. Retrieved from Así funciona la batería de iones de litio típica de cualquier coche eléctrico: <https://www.diariomotor.com/que-es/bateria-de-iones-de-litio/>

- Marquez, R. (2012). *Motor Pasión*. Retrieved from B4 Bikes presenta la bicicleta eléctrica E-Cruizer: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/b4-bikes-presenta-la-bicicleta-electrica-e-cruizer-1>
- Microtex. (2023). *Reacción química de la batería de plomo*. Retrieved from <https://microtexindia.com/es/bateria-de-plomo-acido-reaccion-quimica/>
- Miles, M. (2010). *Cycle world*. Retrieved from 2010 Brammo Enertia - Road Test
- Molgar. (2023). *BAT520 BATERÍA RECARGABLE LI-POLÍMERO GSP052030*. Retrieved from <https://www.molgar.com/producto/BAT520>
- Moron, E. (2020). *Hive BLOG*. Retrieved from Baterías de Ni-Cd ¿Cómo funcionan?: <https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/bater-as-de-ni-cd-c-mo-funcionan--1600691248>
- Motor Sport. (2019). *Motos eléctricas: ventajas y desventajas*.
- MPPT Solar. (2020). *MPPTSOLAR*. Retrieved from Connecting Batteries in Series and Parallel: <https://www.mpptsolar.com/en/batteries-series-parallel.html>
- Paddockwood. (2022). *Paddock Wood Town Council*. Retrieved from The First Speeding Fine: <https://paddockwood-tc.gov.uk/history/the-first-speeding-fine/>
- Pérez, C. (2010). *Diseño de un pack de baterías para motocicletas eléctricas*. Retrieved from <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/9685>
- Productosymas. (2023). *Caja reguladora Votol EM-100*. Retrieved from <https://productosymas.com/motos-bici-y-piezas/respuestas-y-accesorios/caja-reguladora-votol-em-100/>
- ReasonWhy. (2015). *ReasonWhy*. Retrieved from 10 mitos de la tecnología, a examen: <https://www.reasonwhy.es/actualidad/tecnologia/10-mitos-de-la-tecnologia-examen-2015-11-24>

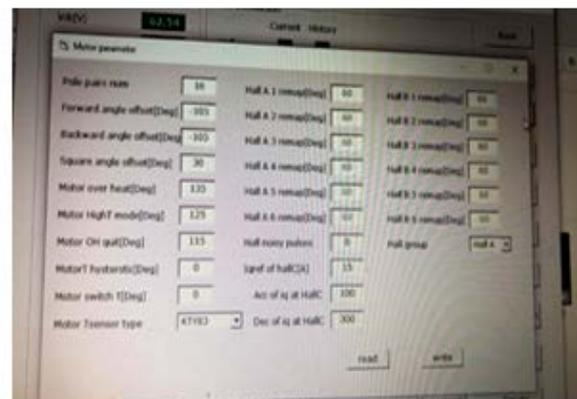
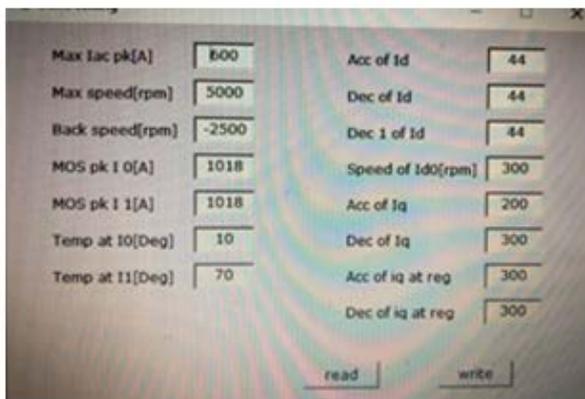
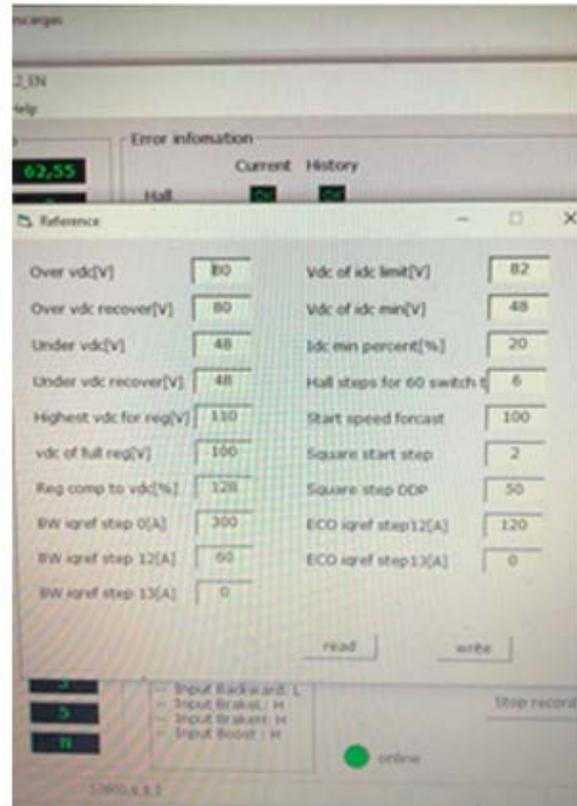
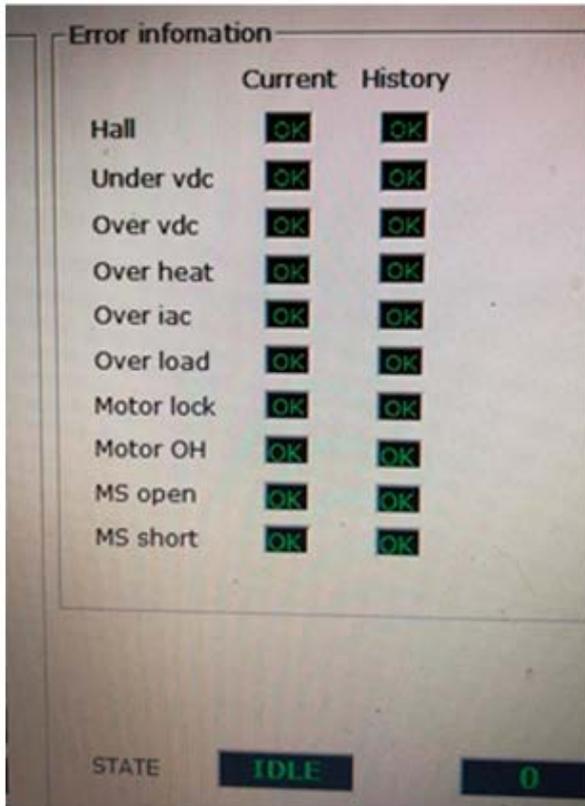
- Ridden, P. (2012). *New Atlas*. Retrieved from New version of the Brutus electric motorcycle unveiled: <https://newatlas.com/chris-bell-brutus2-electric-motorcycle/21188/#gallery:1>
- Segovia Sanchez, J. C. (2021). *Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica*. Quito: Tesis de Grado Universidad Internacional SEK.
- SiaEcosys. (2023). *SiAECOSYS*. Retrieved from Electric motorcycle: <http://www.siaecosys.com/>
- Solé, C. (2022). *TOYOTA*. Retrieved from Baterías de ion litio: ¿qué son?: <https://blog.toyota-forklifts.es/que-son-las-baterias-de-litio>
- Soler, L. (2009). *La batería de plomo ácido para uso industrial*. Retrieved from Proceso electro-químico de carga y descarga: <http://labateriadeplobo.blogspot.com/2009/08/proceso-electro-quimico-de-carga-y.html>
- SpeakEV. (2020). *UQM Inverter Controller for PowerPhase Electric Vehicles*. Retrieved from <https://www.speakev.com/threads/for-sale-uqm-inverter-controller-for-powerphase-electric-vehicles-3999-obo.148714/>
- Spencer, M. (2018). *O2W*. Retrieved from E-Bike timeline: <https://www.o2w.co.uk/e-bike-timeline/>
- Technosun. (2022). *¿Qué es el efecto memoria en las baterías?* Retrieved from <https://b2b.technosun.com/blog/area-fotovoltaica-profesional-1/post/que-es-el-efecto-memoria-en-las-baterias-7#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20produce%20el%20efecto,se%20necesit en%20cargar%20m%C3%A1s%20veces.>

- Todo Taladros. (2017). *Todo Taladros*. Retrieved from La nueva carga inalámbrica de las baterías “Wireless” de BOSCH: Adiós a los cables: <https://todotaladros.com/es/blog/herramientas/la-nueva-carga-inalambrica-de-las-baterias-w>
- Van Ryn, C. (2007). *E-bikes: what's the buzz?* Retrieved from <https://www.aa.co.nz/membership/aa-directions/driver/whats-the-buzz-around-e-bikes/>
- Visnic, B. (2019). *SAE Mobility engineering*. Retrieved from New GM, LG Chem Joint Venture to Build EV Battery Plant in U.S.: <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/ae/stories/news/44481>
- WalkAway. (2023). *2023 ZERO MOTORCYCLES S ZF7.2*. Retrieved from <https://www.d2powersports-greer.com/Motorcycles-Zero-Motorcycles-S-ZF7-2-2023-Greer-SC-7725df3e-b813-41f6-8b5a-aeeb0020bcee>
- Winercon. (2018). *Winercon*. Retrieved from Baterías de níquel-cadmio (NiCd): <https://www.winercon.es/producto/baterias-de-niquel-cadmio-nicd/>
- Xakata. (2015). *¿Qué es el efecto memoria de las baterías de móviles? ¿Sigue existiendo?* Retrieved from <https://www.xatakamovil.com/espacio-sony/que-es-el-efecto-memoria-de-las-baterias-de-moviles-sigue-existiendo>
- Yuasa. (2023). *YUASA*. Retrieved from Funcionamiento de las baterías: <https://www.yuasa.es/informacion/automocion-comercial-servicios-nautica/funcionamiento-de-las-baterias/>

Anexos

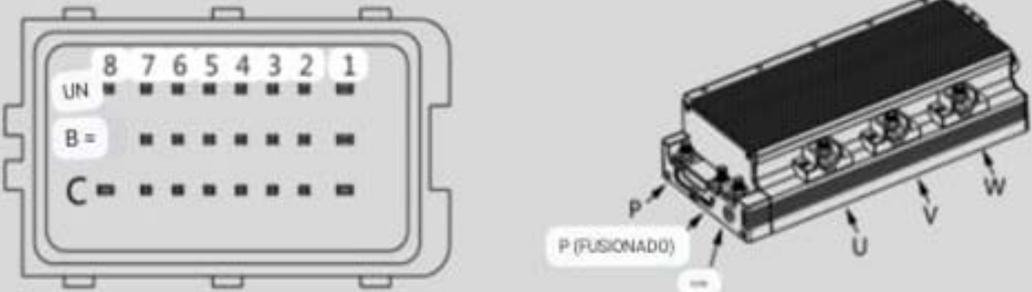
Anexo 1

Programación de la controladora en el programa EV DriveManager



Anexo 4

Pines de programación e identificación de cableado del controlador



	8	7	6	5	4	3	2	1
	VH	THC	AFUERA	BST	STL	ACC+	12V+HA	RTN
UN	OC+ para sensor de motor	Sensor Hall C	Salida lógica	Habilitar BOOST GND	STOP control GND habilitar	DC+ para acelerador	Escudo HA	Fuente de alimentación negativa
	THM	THB	EM	EN I	R	ACC-SALIDA	L-y-HB	Clevo V
B	Terminator interior del motor	Sensor Hall B	Salida de pulsos para indicador	MODD ECO GND habilitado	HABILITAR GND HACIA ATRÁS	Acelerador	Escudo HB	anclado
	RTN	THA	BEMF	ALM	F	STH	12V-ACC	---
C	Fuente de alimentación TIERRA	Sensor de posición A	Fuerza electrónica trasera	Habilitar BLOQUEO MOTOR TIERRA	HABILITAR MOTOR REGULADO TIERRA	FRENADA Control	Escudo HC	Es móvil