



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Joel Eduardo Farias Erique

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

**Evaluación de las Condiciones de Carga y Descarga en una
Batería de Ion Litio de un Vehículo Eléctrico**

Certificado de Autoría

Yo, Joel Eduardo Farias Erique, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Joel Eduardo Farias Erique

C.I.: 0940673460

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

C.I.: 0103441846

Director de Proyecto

Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarnos con sabiduría en este camino.

A mis amigos, por su compañerismo y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles.

Y, finalmente, a todos aquellos que, de una manera u otra, han contribuido a la realización de este proyecto.

Con gratitud!

Joel Farías

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas y entidades que han hecho posible la realización de este proyecto. En primer lugar, agradezco a Dios por darme la salud y la fortaleza necesarias para llevar a cabo este trabajo.

A mis padres, por su constante apoyo, paciencia y por ser la fuente inagotable de inspiración y motivación en mi vida. Sin su amor y comprensión, este logro no habría sido posible.

A mi tutor, el Ing. Fernando Gómez Berrezueta, por su guía y valiosos consejos a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo exitoso de este proyecto.

A mis compañeros de clase, por su amistad y por los momentos compartidos que enriquecieron esta experiencia académica.

Finalmente, quiero agradecer a la Universidad Internacional del Ecuador, por brindarme las herramientas y los recursos necesarios para realizar este proyecto, así como a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo y colaboración.

Este trabajo es fruto del esfuerzo conjunto de todos ustedes, a quienes siempre llevaré en mi corazón.

Joel Farías

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	6
1.2.3 Sistematización del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación	7
1.4.1 Justificación Teórica.....	7
1.4.2 Justificación Metodológica.....	8
1.4.3 Justificación Práctica	8
1.4.4 Delimitación Temporal	8

1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	8
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	9
	Capítulo II.....	11
	Marco Referencial.....	11
2.1	Marco Teórico.....	11
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	12
2.1.2	<i>Factores que Afectan a la Vida Útil de la Batería de un Vehículo Eléctrico</i>	13
2.1.3	<i>Baterías para Vehículos Eléctricos e Híbridos-Eléctricos</i>	15
2.1.4	<i>Tendencia al Uso de Vehículos Eléctricos</i>	15
2.1.5	<i>La Tecnología de los Vehículos Eléctricos y la Infraestructura de Carga</i>	17
2.2	Marco Conceptual.....	18
2.2.2	<i>Componentes del Automóvil Eléctrico</i>	18
2.2.3	<i>Carga de Vehículos Eléctricos</i>	19
2.2.3	<i>Baterías de Ion Litio para Vehículos Eléctricos</i>	20
2.2.4	<i>Componentes Principales de Baterías de Ion Litio</i>	21
2.2.5	<i>Ciclos de Carga y Descarga de Baterías</i>	21
2.2.6	<i>Problemas Relacionados con los Vehículos Eléctricos</i>	22
2.2.7	<i>Estado de Carga (SOC)</i>	23
2.2.7	<i>Estado de Salud (SOH) de una Batería de Vehículo Eléctrico</i>	24
2.2.8	<i>Estado de Potencia (SOP) de una Batería de Vehículo Eléctrico</i>	26
2.2.9	<i>Distancia hasta Vacarse la Batería (DTE) de un Vehículo Eléctrico</i>	27
	Capítulo III.....	29
	Condiciones de Carga y Descarga en el Rendimiento de las Baterías de Ion Litio.....	29
3.1	Caracterización de las Baterías de un Vehículo Eléctrico	30
3.2	Variables a Estudiar	30

3.3	Vehículo Utilizado	30
3.4	Diseño del Experimento.....	32
3.4.1	<i>Monitorización de Datos</i>	33
3.4.2	<i>Criterios de Evaluación del Rendimiento</i>	33
3.4.3	<i>Análisis de Resultados</i>	33
3.4.4	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	34
3.4.5	<i>Herramientas y Equipos Recomendados</i>	34
3.5	Pruebas en Baterías de Alta Tensión de un Vehículo Eléctrico.....	34
3.5.1	<i>Prueba de Capacidad de la Batería</i>	34
3.5.2	<i>Prueba de Ciclos de Vida</i>	35
3.5.3	<i>Prueba de Equilibrio de Celdas</i>	36
3.6	Equipo para Verificación del Estado de las Baterías	36
	Capítulo IV.....	38
	Guía Práctica para la Optimización de la Carga y Descarga de la Batería en un Vehículo Eléctrico	38
4.1	Descripción	38
4.2	Factores a Considerar para la Optimización	38
4.3	Optimización del Proceso de Carga.....	39
4.4	Optimización del Proceso de Descarga.....	40
4.5	Mantenimiento y Buenas Prácticas	40
4.6	Consideraciones Finales.....	41
4.7	Guía Práctica para la Optimización de la Carga y Descarga de la Batería en un Vehículo Eléctrico Usando el Escáner Launch PAD VII	41
4.7.1	<i>Configuración Inicial del Escáner Launch PAD VII</i>	41
4.7.2	<i>Optimización de la Carga de la Batería</i>	43

4.7.3	<i>Optimización de la Descarga de la Batería</i>	47
4.7.4	<i>Análisis de Salud de la Batería</i>	48
4.7.5	<i>Reportes y Registro de Datos</i>	48
4.7.6	<i>Mantenimiento Preventivo y Recomendaciones Finales</i>	51
	Conclusiones	52
	Recomendaciones	53
	Bibliografía	54

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Vehículos Eléctricos de Batería (VEB) Vendidos entre 2015 y 2019 en el Mundo</i>	4
Figura 2 <i>Flota Total Mundial de Vehículos Eléctricos (Excluidos los Autobuses Eléctricos)</i> ..	5
Figura 3 <i>Estado de la Carga</i>	13
Figura 4 <i>Batería de un Vehículo Eléctrico</i>	14
Figura 5 <i>Comparación de los Ahorros por Tipo de Vehículo</i>	16
Figura 6 <i>Partes del Vehículo Eléctrico</i>	19
Figura 7 <i>Conector SAE J1772 Tipo 1 para Vehículo Eléctrico</i>	20
Figura 8 <i>Proceso de Carga y Descarga</i>	22
Figura 9 <i>SOC de una Batería para Vehículos Eléctricos</i>	24
Figura 10 <i>Impacto del SOC y el SOH de una Batería de Vehículos Eléctricos</i>	25
Figura 11 <i>Distancia hasta Vacarse la Batería (DTE) de Vehículos Eléctricos</i>	28
Figura 12 <i>Baterías de Alta Tensión</i>	29
Figura 13 <i>Vehículo Utilizado para la Prueba Experimental</i>	32
Figura 14 <i>Kit de Actualización de Diagnóstico LAUNCH X431 EV</i>	37
Figura 15 <i>Instalación del Software</i>	42
Figura 16 <i>Modo de Diagnóstico EV</i>	42
Figura 17 <i>Modo de Sistema y Función Topológica</i>	43
Figura 18 <i>SOC de Batería de Alta Tensión</i>	44
Figura 19 <i>Tipo de Batería de Alta Tensión</i>	44
Figura 20 <i>Voltajes Individuales de Cada Celda</i>	45
Figura 21 <i>Monitorización de la Temperatura de la Batería</i>	45
Figura 22 <i>Temperaturas Individuales de Cada Celda</i>	46
Figura 23 <i>Voltajes Individuales de Cada Celda</i>	47
Figura 24 <i>Información del Paquete de Baterías</i>	49

Figura 25 *Flujo de Datos*50

Figura 26 *Informe de Lectura de Datos*50

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones del Vehículo ET5</i>	31
--	----

Resumen

El presente proyecto sobre la evaluación de las condiciones de carga y descarga en una batería de Ion Litio de un Vehículo Eléctrico Skywell ET5 analiza y caracteriza el comportamiento de las baterías de ion-litio utilizadas en el mencionado vehículo. Se busca identificar cómo las condiciones de carga y descarga influyen en la eficiencia, vida útil y rendimiento de la batería. Mediante pruebas controladas que simulan diferentes escenarios de uso, se evalúan parámetros como la temperatura, la corriente de carga, la tasa de descarga y el voltaje. Con esto se pretende determinar y verificar el impacto en la degradación y el desempeño general. Los resultados permiten optimizar los procedimientos de carga y descarga, para buscar la eficiencia de las baterías, que contribuyan a la sostenibilidad de los vehículos eléctricos. Además, los hallazgos proporcionarán una referencia para mejorar las políticas de mantenimiento y operación de los vehículos eléctricos.

Palabras Clave: Baterías, vehículos eléctricos, diagnóstico, estado de salud.

Abstract

The project titled "Evaluation of the Charging and Discharging Conditions in a Lithium Ion Battery of a Skywell ET5 Electric Vehicle" focuses on analyzing and characterizing the behavior of the lithium ion batteries used in this electric vehicle model. The research seeks to identify how charging and discharging conditions influence the efficiency, useful life and performance of the battery. To do this, a series of controlled tests will be carried out that simulate different use scenarios, evaluating key parameters such as temperature, charging current, discharge rate and voltage. In addition, the battery's response under different stress conditions, such as rapid charges and deep discharges, will be explored to determine its impact on degradation and overall performance. The results of this study will allow the optimization of charging and discharging procedures, promoting more efficient use of batteries and contributing to the long-term sustainability and functionality of Skywell ET5 electric vehicles. Additionally, the findings could serve as a reference to improve maintenance and operation policies for these vehicles in commercial or private fleets.

Keywords: Batteries, electric vehicles, diagnosis, health status.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Evaluación de las condiciones de carga y descarga en una batería de Ion Litio de un vehículo eléctrico.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La evolución hacia vehículos eléctricos (VE) ha proporcionado que los esfuerzos globales por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático, logren su cometido. Las baterías de ion litio se han consolidado como la tecnología de almacenamiento de energía predominante debido a su alta densidad energética y eficiencia. Sin embargo, el rendimiento y la vida útil de estas baterías están fuertemente influenciados por las condiciones de carga y descarga a las que son sometidas.

Conforme los vehículos eléctricos se convierten en una opción más común en el mercado automotriz, comprender y optimizar las condiciones de carga y descarga de las baterías de ion litio se vuelve fundamental para mejorar su eficiencia, seguridad y durabilidad. Las prácticas actuales de carga y descarga pueden variar significativamente en términos de velocidad, profundidad de descarga y temperatura, lo que puede llevar a una degradación prematura de las baterías y a una disminución en la autonomía del vehículo.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El compromiso global con la descarbonización del sector del transporte ha dado como resultado un crecimiento incesante de los mercados de vehículos eléctricos y sus baterías.

El problema principal que aborda esta investigación es la falta de conocimiento detallado sobre cómo las diferentes condiciones de carga y descarga afectan el rendimiento y la vida útil de las baterías de ion litio en los vehículos eléctricos. Específicamente, se busca entender:

Impacto de la velocidad de carga y descarga: ¿Cómo afectan las cargas rápidas y las descargas profundas a la eficiencia y vida útil de las baterías?

Temperatura de operación: ¿Qué rol juega la temperatura en la degradación de las baterías durante los ciclos de carga y descarga?

Profundidad de descarga: ¿Cómo varían los efectos en el rendimiento de la batería cuando se descarga parcialmente versus cuando se descarga completamente?

La investigación sobre las condiciones de carga y descarga en una batería de ion litio de un vehículo eléctrico es fundamental debido a su impacto directo en la eficiencia, seguridad y durabilidad de estas baterías, que son el corazón de los vehículos eléctricos (VE). En un mundo donde la movilidad sostenible se ha convertido en una prioridad global para mitigar el cambio climático, los VE representan una solución clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, la viabilidad y aceptación generalizada de los VE dependen en gran medida del rendimiento y la vida útil de sus baterías.

La eliminación gradual de los vehículos propulsados por combustibles fósiles y su sustitución por vehículos eléctricos a batería (VEB) se ha considerado una solución para mitigar el cambio climático y los gobiernos de muchos países han adoptado esta revolución del transporte ecológico.

La adopción de los VEB, que dependen de baterías para el almacenamiento de energía eléctrica, ha dado lugar a una creciente demanda de baterías recargables, especialmente baterías de iones de litio (LIB) con su alta densidad energética y de potencia, y su larga vida útil (alrededor de diez años) (Colarullo, 2022).

Las baterías de ion litio, aunque avanzadas, son sensibles a las condiciones de carga y descarga, que pueden variar significativamente en términos de velocidad, temperatura y profundidad de descarga. Cargar las baterías rápidamente, descargar profundamente y operar

en temperaturas extremas son factores que pueden acelerar la degradación de las celdas de ion litio, reduciendo su capacidad y eficiencia con el tiempo. Esta degradación no solo afecta la autonomía y la fiabilidad de los vehículos eléctricos, sino que también implica costos adicionales para los usuarios y un impacto ambiental negativo debido a la necesidad de reemplazo prematuro de baterías.

Además, una comprensión inadecuada de estas dinámicas puede llevar a prácticas subóptimas de gestión de energía, lo que podría impedir la adopción masiva de VE. Por lo tanto, es crucial realizar una investigación exhaustiva que evalúe cómo diferentes condiciones de carga y descarga afectan el rendimiento y la vida útil de las baterías de ion litio.

Esta investigación no solo proporciona datos empíricos y modelos predictivos para mejorar los sistemas de gestión de baterías, sino que también informará a los fabricantes de VE y desarrolladores de tecnología sobre las mejores prácticas para maximizar la eficiencia y la durabilidad de las baterías.

Al optimizar las condiciones de carga y descarga, se puede extender significativamente la vida útil de las baterías, mejorar la experiencia del usuario, reducir los costos a largo plazo y minimizar el impacto ambiental, promoviendo así una adopción más rápida y sostenible de los vehículos eléctricos.

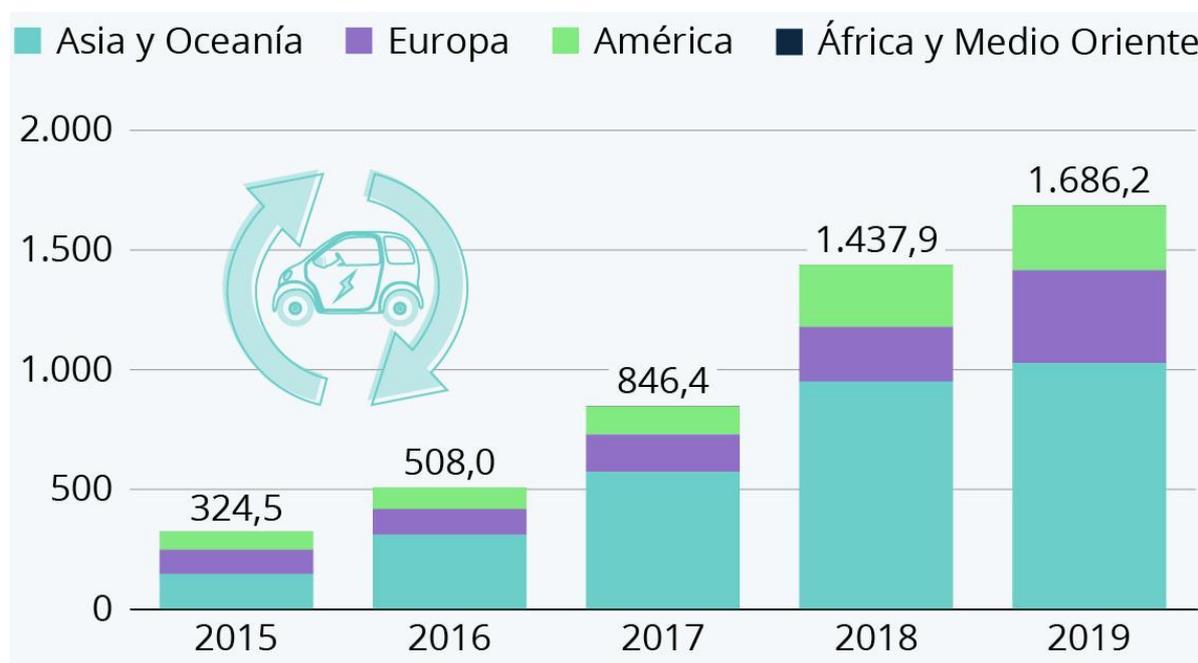
Esta investigación proporcionará datos y recomendaciones valiosas para fabricantes de vehículos eléctricos, ingenieros de baterías y usuarios finales, ayudando a optimizar las condiciones de operación de las baterías de ion litio y promoviendo la sostenibilidad y eficiencia de los vehículos eléctricos.

Las ventas de vehículos eléctricos de batería han mostrado un crecimiento constante en los últimos años, alcanzando alrededor de 1,7 millones de unidades en 2019. Según datos de EV-Volumes, Asia y Oceanía han liderado este crecimiento, seguidas por Europa, que superó las ventas en América con más de 388 mil unidades vendidas el año pasado. Aunque Estados

Unidos y Canadá son los mayores mercados de vehículos eléctricos en América, Latinoamérica también está comenzando a integrar opciones eléctricas en el transporte público, demostrando un interés creciente en la movilidad eléctrica global (Figura 1).

Figura 1

Vehículos Eléctricos de Batería (VEB) Vendidos entre 2015 y 2019 en el Mundo



Tomado de: <https://ev-volumes.com/product/ev-volumes/>

Varios informes confirman que los vehículos eléctricos (VE) ya son más limpios que los vehículos con motor de combustión interna durante el ciclo de vida del vehículo, incluso en estados donde la combinación eléctrica incluye carbón. Y los VE siguen siendo más limpios a medida que se vuelven más eficientes y las redes eléctricas incorporan más energía limpia y renovable de fuentes como el sol y el viento.

Sin embargo, muchas personas aún expresan preocupación por la sostenibilidad de las baterías de iones de litio para VE. Estas preocupaciones se extienden más allá de las baterías de los vehículos eléctricos.

Las baterías de iones de litio se utilizan en miles de millones de teléfonos móviles, ordenadores portátiles y todos los demás dispositivos alimentados por batería del planeta.

Las preocupaciones sobre las baterías de iones de litio pueden ser efímeras, ya que la tecnología de las baterías está avanzando rápidamente y los componentes de las baterías de los vehículos eléctricos pueden ser muy diferentes en el futuro cercano.

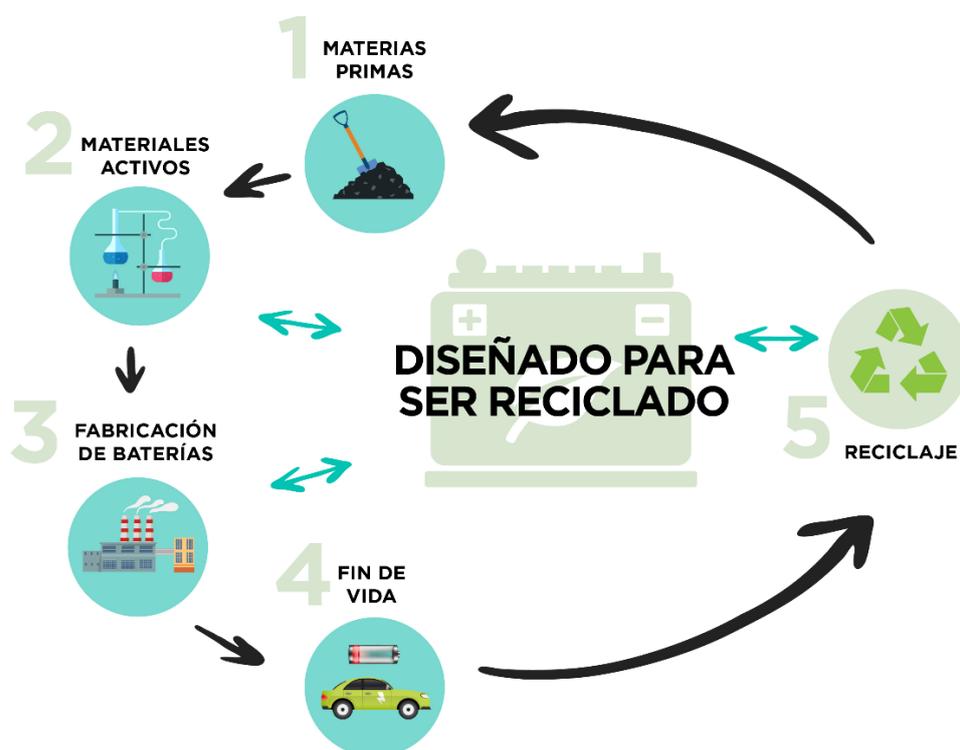
Las empresas están invirtiendo enormes recursos en el desarrollo de nuevas tecnologías de baterías, incluidas las baterías de estado sólido, de iones de sodio, de hierro-aire y de ánodo de silicio y otros materiales. Es probable que una o más de estas tecnologías lleguen al mercado en la próxima década. Las nuevas baterías de estado sólido de Toyota podrían llegar al mercado en 2027.

El reciclaje de las baterías agotadas de iones de litio será una parte esencial para lograr una economía circular neutra desde el punto de vista climático.

Una mejora de la reciclabilidad de las nuevas baterías implica un notable aumento de la sostenibilidad y la rentabilidad de sus procesos de reciclaje (Figura 2).

Figura 2

Flota Total Mundial de Vehículos Eléctricos (Excluidos los Autobuses Eléctricos)



Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/electric-vehicles>

Si las baterías de los vehículos eléctricos siguen estando hechas de iones de litio, las principales preocupaciones son:

- Las prácticas laborales para la extracción de cobalto.
- Los impactos ambientales de la extracción de litio.
- El suministro suficiente de materiales para las baterías de los vehículos eléctricos.
- Las emisiones de carbono de la fabricación de las baterías.
- Los residuos tóxicos de la eliminación de baterías usadas.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede evaluar el impacto de diferentes condiciones de carga y descarga en el rendimiento de las baterías de ion litio?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo influye los procesos de carga y descarga en un vehículo eléctrico?
- ¿Cómo identificar los principales parámetros que influyen en los procesos de carga y descarga de la batería de ion litio en vehículos eléctricos?
- ¿Existen la posibilidad de proporcionar recomendaciones para una guía práctica detallada de la optimización de la carga y descarga de la batería en un vehículo eléctrico?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto de diferentes condiciones de carga y descarga en el rendimiento de las baterías de ion litio en un vehículo eléctrico Skywell.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir los procesos de carga y descarga en un vehículo eléctrico.
- Identificar los principales parámetros que influyen en los procesos de carga y descarga de la batería de ion litio en un vehículo eléctrico.

- Elaborar una guía práctica detallada para la optimización de la carga y descarga de la batería en un vehículo eléctrico.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La justificación de la investigación se basa en lo siguiente:

- **Relevancia Tecnológica:** Los fabricantes de vehículos eléctricos y los desarrolladores de tecnología de baterías pueden beneficiarse enormemente de un entendimiento profundo de estos factores, permitiéndoles diseñar baterías más duraderas y sistemas de gestión de energía más eficientes.
- **Impacto Económico:** Optimizar las condiciones de carga y descarga puede reducir los costos de reemplazo de baterías, mejorar la satisfacción del consumidor y aumentar la adopción de VE.
- **Beneficios Ambientales:** Prolongar la vida útil de las baterías de ion litio puede reducir el impacto ambiental asociado con la producción y el desecho de baterías, contribuyendo a una economía más sostenible

1.4.1 Justificación Teórica

La justificación teórica para la investigación sobre las condiciones de carga y descarga en baterías de ion litio en vehículos eléctricos se basa en la necesidad de optimizar su rendimiento y vida útil. A través de un entendimiento profundo de los mecanismos de degradación y los impactos de las condiciones de operación, es posible desarrollar prácticas y tecnologías que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de los vehículos eléctricos. Esta investigación no solo tiene implicaciones técnicas y económicas, sino que también contribuye a los objetivos ambientales globales al promover una adopción más amplia y efectiva de los vehículos eléctricos.

1.4.2 Justificación Metodológica

La evaluación de las condiciones de carga y descarga en baterías de ion litio para vehículos eléctricos (VE) es un área de investigación crítica para la mejora del rendimiento, eficiencia y vida útil de estas baterías. Este estudio tiene como objetivo proporcionar una comprensión detallada y basada en datos sobre cómo diferentes condiciones de operación afectan estas baterías. La metodología elegida debe ser rigurosa, replicable y capaz de generar resultados que puedan ser aplicados tanto en contextos académicos como industriales.

1.4.3 Justificación Práctica

La justificación práctica de este proyecto radica en su potencial para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de las baterías de ion litio en vehículos eléctricos, lo cual es crucial para la eficiencia operativa y la viabilidad económica de estos vehículos. Al entender mejor las condiciones óptimas de carga y descarga, los fabricantes pueden diseñar baterías más robustas y sistemas de gestión de energía más eficientes. Además, los consumidores se beneficiarán de una mayor autonomía y menores costos de reemplazo de baterías, lo que fomentará la adopción de vehículos eléctricos y contribuirá a una movilidad más sostenible.

1.4.4 Delimitación Temporal

Se desarrolla el proyecto durante un período de 6 meses, comenzando en agosto de 2024 y finalizando en diciembre de 2024.

1.4.5 Delimitación Geográfica

La delimitación geográfica definida permite una evaluación exhaustiva y contextualizada de las condiciones de carga y descarga de las baterías de ion litio en vehículos eléctricos en Guayaquil. Este enfoque proporciona resultados relevantes y aplicables para mejorar la gestión y el rendimiento de las baterías en este entorno específico.

Para el proyecto de investigación "Evaluación de las Condiciones de Carga y Descarga en una Batería de Ion Litio de un Vehículo Eléctrico", es esencial definir claramente la

delimitación geográfica del problema para centrar el estudio en un contexto específico. A continuación, se presenta una propuesta de delimitación geográfica:

- Ubicación General

Ciudad: Guayaquil

País: Ecuador.

1.4.6 Delimitación del Contenido

Para delimitar el contenido del proyecto "Evaluación de las Condiciones de Carga y Descarga en una Batería de Ion Litio de un Vehículo Eléctrico", se deben definir los límites y el alcance de la investigación. Esto implica especificar claramente los aspectos que se incluirán y los que se excluirán del estudio. A continuación, se presenta una delimitación detallada del contenido del proyecto:

Los temas tratados según el alcance del proyecto serían:

- Tipo de Batería: El estudio se centrará exclusivamente en baterías de ion litio utilizadas en vehículos eléctricos.
- Condiciones de Carga y Descarga: Se evaluarán diversas condiciones de carga (carga lenta, carga rápida, carga completa) y descarga (descarga parcial, descarga completa).
- Parámetros Evaluados: Se analizarán parámetros como capacidad de la batería, eficiencia energética, temperatura, resistencia interna, ciclos de vida, y tasa de degradación.
- Vehículos Eléctricos: El estudio se limitará a baterías de vehículos eléctricos comerciales utilizados en entornos urbanos y suburbanos.

Esta delimitación del contenido asegura una cobertura exhaustiva y detallada de la Evaluación de las Condiciones de Carga y Descarga en una Batería de Ion Litio de un Vehículo

Eléctrico, proporcionando una guía clara y estructurada para la ejecución y documentación del proyecto.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

La evaluación de las condiciones de carga y descarga en una batería de Ion Litio de un vehículo eléctrico es un tema de creciente importancia en el campo de la ingeniería automotriz y la gestión energética. Las baterías de ion litio se han convertido en la tecnología predominante para el almacenamiento de energía en vehículos eléctricos debido a su alta densidad de energía, larga vida útil y eficiencia energética. Estas baterías funcionan a través del movimiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo durante los procesos de carga y descarga.

La eficiencia y durabilidad de estas baterías dependen significativamente de las condiciones bajo las cuales se cargan y descargan. Específicamente, la velocidad de carga, la profundidad de descarga, la temperatura operativa y los ciclos de carga afectan la capacidad de la batería, su resistencia interna y su vida útil total. La literatura técnica sugiere que una carga rápida y frecuente, aunque conveniente, puede aumentar la temperatura de la batería, acelerando su degradación debido a la formación de dendritas de litio y la oxidación de los electrodos. Del mismo modo, descargas profundas recurrentes pueden causar una pérdida irreversible de capacidad debido a la descomposición del electrolito y la desintegración de los materiales del electrodo.

Las condiciones ambientales también juegan un papel crucial; por ejemplo, temperaturas extremadamente bajas pueden reducir la eficiencia de la transferencia de iones, mientras que temperaturas altas pueden inducir fallos térmicos. Investigaciones recientes han explorado estrategias para mitigar estos efectos negativos, como el uso de sistemas de gestión térmica avanzados y algoritmos de carga inteligente que optimizan el perfil de carga en función del estado de la batería.

Además, el desarrollo de nuevos materiales para los electrodos, como los ánodos de silicio y los cátodos de fosfato de hierro y litio, promete mejorar la estabilidad y la capacidad de las baterías. Sin embargo, estos avances tecnológicos deben complementarse con una comprensión detallada de cómo las condiciones operativas afectan la química interna de la batería.

En conclusión, la optimización de las condiciones de carga y descarga no solo extiende la vida útil de las baterías de ion litio, sino que también mejora la sostenibilidad y la viabilidad económica de los vehículos eléctricos, contribuyendo a la transición hacia un transporte más limpio y eficiente.

2.1.1 Conceptos Preliminares

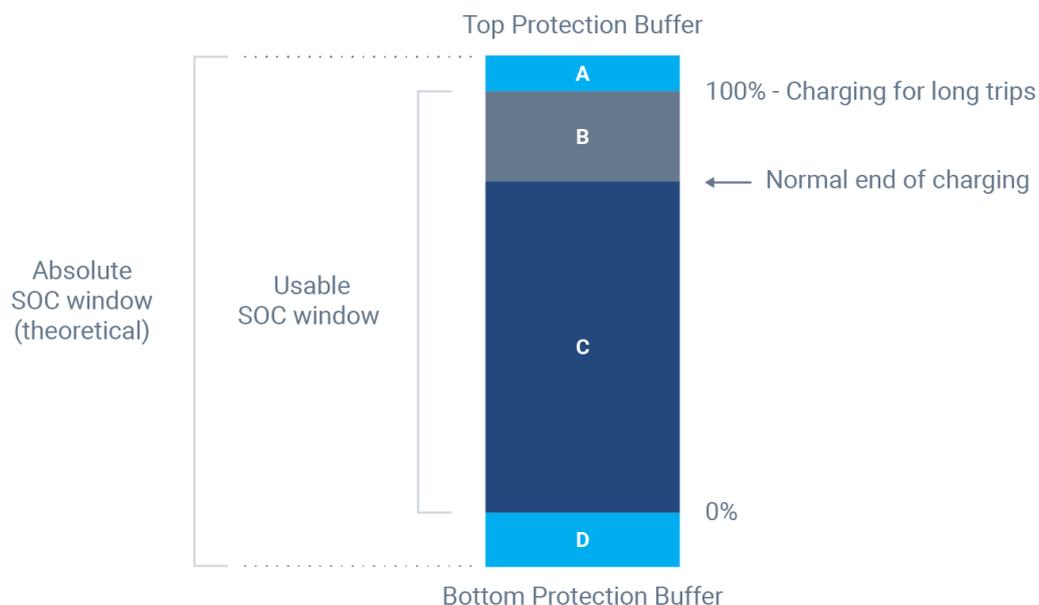
Las baterías de ion litio (Li-ion) son un tipo de batería recargable que se utilizan comúnmente en vehículos eléctricos (VE) debido a su alta densidad energética, eficiencia y larga vida útil. Estas baterías funcionan mediante el movimiento de iones de litio entre el electrodo positivo (cátodo) y el electrodo negativo (ánodo) durante los ciclos de carga y descarga.

Conocer las celdas empleadas en los autos eléctricos puede aumentar tu confianza al usar estos vehículos. Es útil aprender cómo reemplazar la batería y con qué frecuencia, además del costo de recargarla y la relevancia de ciertos parámetros. La información sobre las especificaciones de la batería es valiosa al seleccionar el VE más adecuado para el usuario.

La batería es el componente más caro de un vehículo eléctrico y es importante mantenerla en buen estado. El estado de la batería afecta directamente el rendimiento, la autonomía y la longevidad del vehículo. Una batería en mal estado puede reducir la autonomía de conducción, ralentizar la aceleración y afectar a la experiencia de conducción general, además de afectar negativamente a su valor de reventa.

Figura 3

Estado de la Carga



Nota. El gráfico representa Estado de la carga (SOC) y el efecto del búfer. Tomado de: <https://www.geotab.com/es-latam/blog/duracion-estado-bateria-vehiculos-electricos/>

2.1.2 Factores que Afectan a la Vida Útil de la Batería de un Vehículo Eléctrico

Probablemente, el componente más crucial de los vehículos eléctricos sea la batería, ya que de ella depende la dinámica de propulsión y afecta directamente la autonomía del vehículo. Además, su costo representa aproximadamente un tercio del valor total del vehículo. Por esta razón, una de las principales preocupaciones de los compradores o propietarios de coches eléctricos es conocer la duración y degradación de la batería de su vehículo. Este aspecto esencial depende de múltiples factores. Cabe destacar que, sin entrar en detalles, todas las baterías, independientemente de su tecnología, operan mediante una reacción electroquímica reversible.

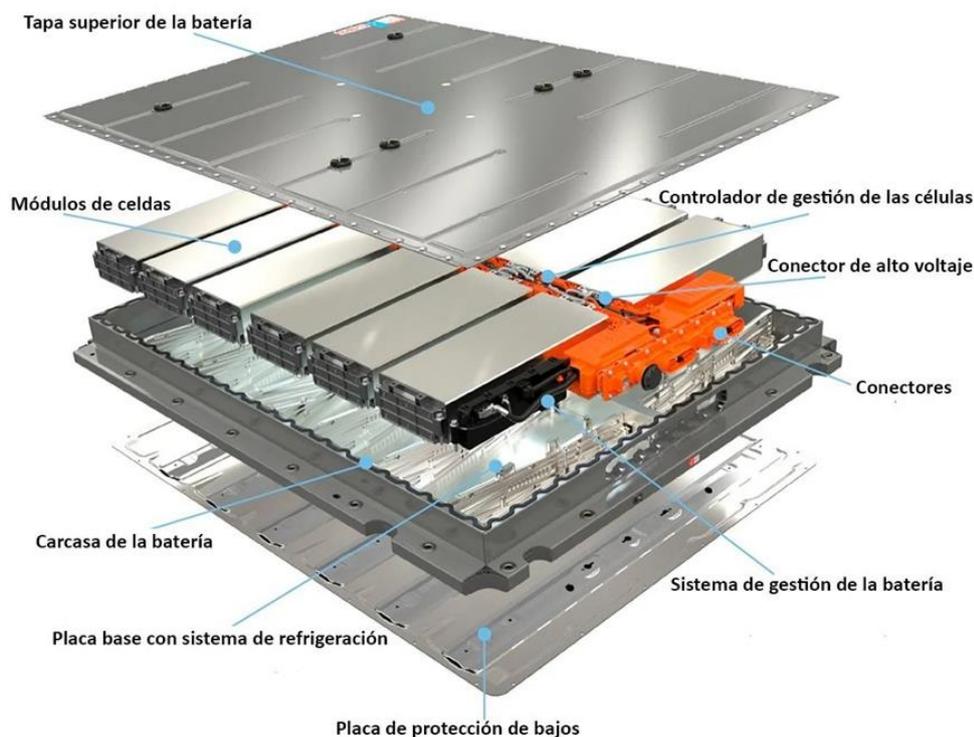
La temperatura, ya sea en aumento o disminución, altera la velocidad de esta reacción química. Según la tecnología, la temperatura debe mantenerse dentro de un rango específico, que debe respetarse estrictamente para asegurar un funcionamiento adecuado y una vida útil prolongada.

La degradación de una batería puede deberse a varias causas. Una de ellas es la temperatura ambiente en la que opera el vehículo. El calor, en particular, es perjudicial para la vida útil de una celda, mientras que el frío afecta negativamente la autonomía.

El flujo de corriente en las baterías de vehículos eléctricos, necesario para su funcionamiento, genera calor en las celdas. A mayor flujo de corriente, mayor es el calentamiento de las celdas (Figura 4).

Figura 4

Batería de un Vehículo Eléctrico



Nota. Adaptado de Mobility Portal Latin [Fotografía], 2024, (<https://mobilityportal.lat/opinion-factores-que-afectan-a-la-vida-util-de-la-bateria-de-un-vehiculo-electrico/>)

El rendimiento de las baterías de ion-litio está estrechamente relacionado con su temperatura de funcionamiento, ya que experimentan el efecto Goldilocks; es decir, no operan de manera óptima si están expuestas a temperaturas extremas, ya sea demasiado frías o demasiado cálidas. En condiciones de frío extremo, se pierde densidad energética. Por ejemplo, en una ciudad durante el invierno a -10 grados, la autonomía puede disminuir casi un 25%, y la

potencia o aceleración puede reducirse hasta un 60%. De manera similar, el calor extremo también afecta el rendimiento, aunque las pérdidas no son tan severas como en el frío, sí se experimenta una disminución en todos los aspectos de rendimiento.

2.1.3 Baterías para Vehículos Eléctricos e Híbridos-Eléctricos

Las baterías han impulsado vehículos durante más de un siglo, pero los avances recientes, especialmente en baterías de iones de litio (Li-ion), están trayendo una nueva generación de vehículos eléctricos al mercado. Las principales barreras para el progreso incluyen el costo y la vida útil del sistema, y se derivan de la dificultad de crear un sistema electroquímico de alta energía, alta potencia y reversible. De hecho, aunque los seres humanos producen muchos sistemas mecánicos y eléctricos, el número de sistemas electroquímicos reversibles es muy limitado. Los costos del sistema pueden reducirse mediante el uso de materiales de cátodo menos costosos que los que se emplean actualmente (por ejemplo, azufre o aire), pero la reversibilidad seguirá siendo un desafío clave.

2.1.4 Tendencia al Uso de Vehículos Eléctricos

Las autoridades de los países desarrollados están fomentando el uso de vehículos eléctricos (VE) para evitar la concentración de contaminantes atmosféricos, CO₂, así como otros gases de efecto invernadero. Promueven la movilidad sostenible y eficiente a través de diferentes iniciativas, principalmente a través de incentivos fiscales, ayudas a la compra u otras medidas especiales, como el aparcamiento público gratuito o el uso gratuito de las autopistas.

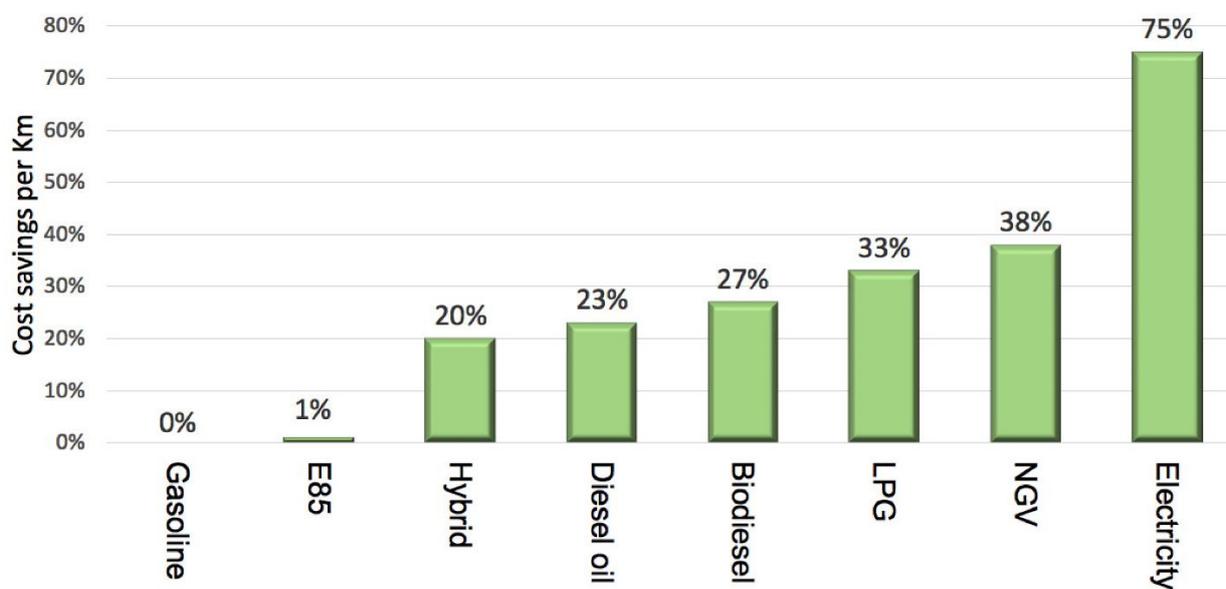
Los VE ofrecen las siguientes ventajas frente a los vehículos tradicionales:

- Sencillez: el número de elementos del motor de un Vehículo Eléctrico (VE) es menor, lo que se traduce en un mantenimiento mucho más barato. Los motores de los vehículos eléctricos son más sencillos y compactos, no necesitan circuito de refrigeración, ni tampoco es necesario incorporar cambio de marchas, embrague o elementos que reduzcan el ruido del motor.

- Cero emisiones: este tipo de vehículos no emiten contaminantes por el tubo de escape, CO₂, ni dióxido de nitrógeno (NO₂). Además, los procesos de fabricación suelen ser más respetuosos con el medio ambiente, aunque la fabricación de baterías afecta negativamente a la huella de carbono.
- Fiabilidad: al disponer de menos componentes y más sencillos, este tipo de vehículos tienen menos averías. Además, los vehículos eléctricos no sufren el desgaste inherente que producen las explosiones del motor, las vibraciones o la corrosión del combustible.
- Coste: el coste de mantenimiento del vehículo y el coste de la electricidad necesaria es mucho menor en comparación con los costes de mantenimiento y combustible de los vehículos de combustión tradicionales. El coste energético por kilómetro es significativamente menor en los vehículos eléctricos que en los vehículos tradicionales, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Comparación de los Ahorros por Tipo de Vehículo



Tomado de: <https://www.mdpi.com/2624-6511/4/1/22>

2.1.5 La Tecnología de los Vehículos Eléctricos y la Infraestructura de Carga

Sin embargo, la integración de los coches eléctricos en las ciudades inteligentes no está exenta de dificultades. El coste de los coches eléctricos y de la infraestructura para cargarlos, que puede resultar cara y requerir una inversión sustancial, es uno de los principales problemas. Además, algunos habitantes pueden preocuparse por quedarse sin energía debido a la corta autonomía de los vehículos eléctricos. Para garantizar que la infraestructura de carga se ajuste a las demandas de los residentes, es necesario planificar y supervisar minuciosamente. Para garantizar que los coches eléctricos se integren con éxito y eficiencia en la infraestructura de las ciudades inteligentes, otra dificultad es la necesidad de coordinación y colaboración entre varias partes interesadas, incluidos el gobierno, las empresas y los ciudadanos (Camero, 2019).

En Estados Unidos, la Casa Blanca se unió a los tres grandes fabricantes de automóviles estadounidenses y al sindicato United Auto Workers (UAW) para anunciar planes para que entre el 40% y el 50% de las ventas de vehículos estadounidenses sean electrificadas para 2030 (La Casa Blanca, 2021).

A nivel internacional, más de 20 países tienen objetivos de electrificación o prohibiciones de motores de combustión interna para acelerar la eliminación gradual de los vehículos de combustión interna (Agencia Internacional de Energía, 2021).

Y muchos fabricantes de equipos originales (OEM) han anunciado planes para producir exclusivamente vehículos eléctricos (VE), eliminando gradualmente la nueva producción de ICEV convencionales en los próximos 10 a 15 años (Agencia Internacional de Energía, 2021).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos (VE) incluyen vehículos eléctricos a batería (VEB), vehículos eléctricos híbridos (VEH), vehículos eléctricos híbridos enchufables (VEH) y vehículos diésel-eléctricos.

Un vehículo eléctrico puede definirse como cualquier vehículo en el que parte o toda la energía de conducción se suministra a través de electricidad procedente de una batería (Richardson, 2013).

Los vehículos eléctricos también pueden incluir automóviles de pasajeros, motocicletas, vehículos recreativos, autobuses o vehículos pesados (camiones eléctricos) para uso en la red vial pública, o vehículos específicos para uso industrial, como vehículos mineros (www.worksafe.qld.gov.au, 2024).

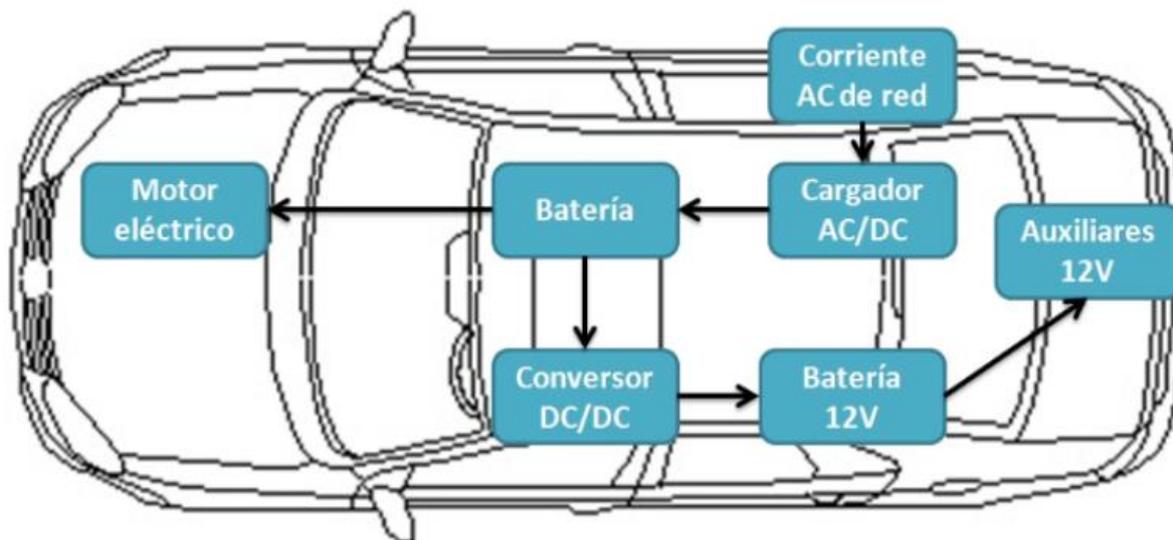
Las especificaciones técnicas de vehículos eléctricos, incluidas características son: autonomía, potencia, rendimiento, aceleración, velocidad máxima y opciones de carga.

2.2.2 Componentes del Automóvil Eléctrico

Un automóvil eléctrico puede llegar a usar diferentes tecnologías de propulsión y por lo general se compone básicamente (Figura 6) de los siguientes elementos:

La unidad de recarga interna (la infraestructura de recarga externa no forma parte directa del automóvil eléctrico).

- Las baterías.
- Los sistemas de conversión e inversores de corriente continua/corriente alterna (CC/CA) o de corriente continua/corriente continua (CC/CC).
- El motor eléctrico.

Figura 6*Partes del Vehículo Eléctrico*

Tomado: <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>

2.2.3 Carga de Vehículos Eléctricos

Para que los vehículos eléctricos triunfen definitivamente, será necesario que los usuarios puedan cargar sus vehículos de forma rápida y sencilla. Para ello, será fundamental contar con un despliegue de infraestructura que permita dicha carga rápida y sencilla. Esto implica la carga en los hogares, y la creación de estaciones de carga eléctrica que proporcionen cargas rápidas durante los desplazamientos largos.

A la hora de cargar vehículos eléctricos se puede encontrar diferentes estándares, que vienen determinados, principalmente, por la región en la que se estén utilizando o aplicando. Más concretamente, en Norteamérica y en la zona del Pacífico se utiliza el estándar SAE-J1772 para la carga de vehículos eléctricos. Sin embargo, en China se utiliza el estándar GB/T 20234, mientras que en Europa se ha introducido el estándar IEC-62196. La principal diferencia entre estos tres estándares es que mientras los dos primeros clasifican los modos de carga según el

tipo de alimentación (corriente continua o corriente alterna), el segundo clasifica dichos modos según la potencia de carga implicada.

El modo SAE-J1772 es un estándar norteamericano de conectores eléctricos para vehículos eléctricos creado en 1996 y respaldado por SAE International. Este estándar es común en EE. UU. y Japón y establece los siguientes modos de carga (Figura 7).

Figura 7

Conector SAE J1772 Tipo 1 para Vehículo Eléctrico



Tomado de: <https://www.lugenergy.com/sae-j1772/>

2.2.3 Baterías de Ion Litio para Vehículos Eléctricos

Las baterías de ion litio para vehículos eléctricos son dispositivos de almacenamiento de energía que utilizan tecnología de iones de litio para alimentar el motor eléctrico de un vehículo. Estas baterías funcionan mediante el movimiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo dentro de celdas electroquímicas, lo que genera y almacena energía eléctrica.

Son conocidas por su alta densidad energética, lo que permite una mayor autonomía en los vehículos eléctricos, y por su capacidad para soportar múltiples ciclos de carga y descarga con un mínimo de degradación. Además, las baterías de ion litio tienen una relación peso-potencia favorable, lo que contribuye a mejorar el rendimiento y la eficiencia de los vehículos

eléctricos. Estas baterías también permiten una carga relativamente rápida en comparación con otras tecnologías de baterías, lo que las convierte en una de las opciones más utilizadas en la industria automotriz para vehículos eléctricos.

2.2.4 Componentes Principales de Baterías de Ion Litio

- **Ánodo:** Generalmente hecho de grafito, el ánodo almacena los iones de litio durante la carga.
- **Cátodo:** Hecho de materiales como óxidos de litio y metales (ej. LiCoO_2 , LiFePO_4), el cátodo libera los iones de litio durante la descarga.
- **Electrolito:** Una solución que permite el movimiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo.
- **Separador:** Una membrana que evita el contacto directo entre el ánodo y el cátodo, previniendo cortocircuitos.

2.2.5 Ciclos de Carga y Descarga de Baterías

Un ciclo de carga es el proceso de carga y descarga que sufre la batería. Esto se cumple cuando la batería se ha cargado un 100% y se ha descargado un 100%, no importa el porcentaje de inicio y final. Los ciclos de carga son cruciales porque proporcionan información sobre la vida útil de una batería en función de su química. Se utilizan como referencia para evaluar la degradación de una batería en un coche eléctrico.

Carga: La carga de una batería de ion litio se realiza en dos etapas principales:

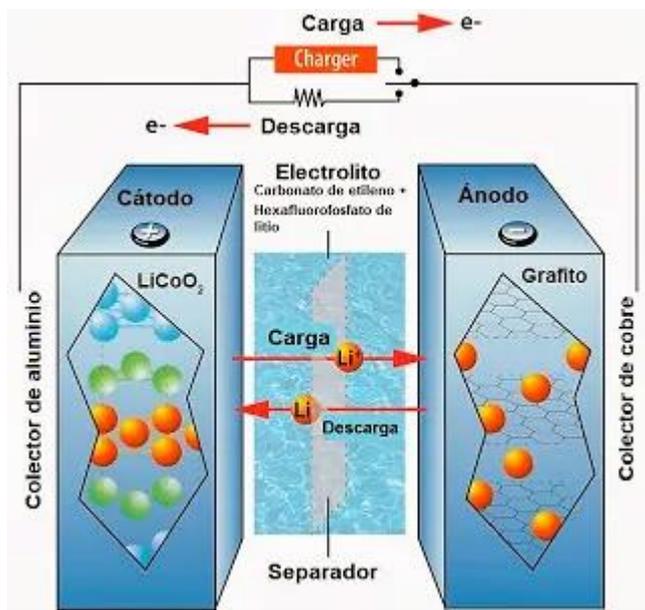
- **Carga de Corriente Constante (CC):** Se aplica una corriente constante a la batería hasta que se alcanza el voltaje máximo permitido.
- **Carga de Voltaje Constante (CV):** Se mantiene el voltaje constante mientras la corriente disminuye gradualmente hasta llegar a un nivel mínimo seguro.

Descarga: Durante la descarga (Figura 8), la batería suministra corriente al sistema hasta que se alcanza el voltaje mínimo seguro. La profundidad de descarga (DoD) es un factor crítico,

ya que descargas profundas frecuentes pueden acelerar la degradación de la batería (Kumar, 2024).

Figura 8

Proceso de Carga y Descarga



Tomado de: <https://material-electrico.cdcomunicacion.es/>

2.2.6 Problemas Relacionados con los Vehículos Eléctricos

A medida que la gente se preocupa más por el medio ambiente y el cambio climático, los coches eléctricos están ganando popularidad. En la actualidad hay más de 750.000 coches eléctricos en las carreteras del Reino Unido.

Las baterías de los coches eléctricos utilizan mucho litio, el metal más ligero y el elemento sólido más ligero en condiciones normales. Chile produce la mayor cantidad de litio (8.800 toneladas al año), junto con otros grandes productores como Argentina y China, mientras que Bolivia tiene las mayores reservas conocidas del mundo. Otros metales utilizados en los coches eléctricos son el cobre, el cobalto, el aluminio, el níquel y, a veces, el manganeso, junto con el grafito no metálico conductor. Existen ricos depósitos de cobalto en países como la República Democrática del Congo, donde se encuentra en la superficie y es recogido por

mineros, entre los que hay mujeres y niños. El cobalto es tóxico para los seres humanos y la mayoría de estos mineros trabajan con poco o ningún equipo de protección.

La fabricación de un coche eléctrico libera aproximadamente la misma cantidad de CO₂, pero a eso hay que sumarle la producción de la batería. Se estima que se liberan 150 kg de CO₂ por cada kilovatio hora (kWh) de capacidad de la batería. Para que un coche eléctrico tenga una autonomía decente (por ejemplo, 480 kilómetros) entre cargas, necesita una batería con una capacidad de al menos 60 kWh. Esto significa que se emitirán otras 9 toneladas de CO₂ durante la fabricación de un coche eléctrico, lo que da un total de 16-19 toneladas de CO₂ emitidas. Por tanto, a estas alturas, un coche eléctrico parece peor para el medio ambiente que uno de combustible fósil (Deng, 2020).

La Agencia Internacional de Energía (AIE) nos dice que un vehículo eléctrico requiere seis veces más insumos minerales que un vehículo a gasolina. Las baterías de iones de litio de los vehículos eléctricos están hechas con materiales que son caros y, en algunos casos, tóxicos e inflamables. Los materiales primarios incluyen litio, níquel, cobalto y cobre. La extracción de estos materiales raros, sus procesos de fabricación y su posterior eliminación plantean verdaderos desafíos ambientales.

La batería es el talón de Aquiles de los vehículos eléctricos. Un motor de combustión interna puede durar más de 20 años si se cuida. Un vehículo eléctrico necesita un reemplazo de batería por un valor de más de 3 000 dólares después de 10 años, en el mejor de los casos. Una vez que fabriquen baterías más duraderas o más baratas, esta diferencia se nivelará.

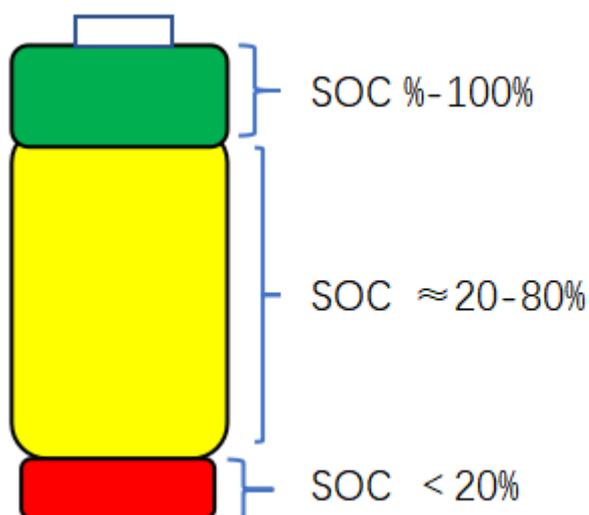
2.2.7 Estado de Carga (SOC)

El SOC mide principalmente la cantidad de energía restante en una batería, indicando el porcentaje de su capacidad total que aún está disponible. Nos muestra si la batería está completamente cargada o si está parcialmente descargada.

El estado de carga calcula la capacidad actual de la batería como proporción de su capacidad máxima (Figura 9). En términos más sencillos, se puede comparar con el indicador de combustible de su automóvil. Le informa sobre la capacidad restante de la batería y cuándo es necesario recargarla.

Figura 9

SOC de una Batería para Vehículos Eléctricos



Tomado de: <https://www.dyness.com/es/>

2.2.7 Estado de Salud (SOH) de una Batería de Vehículo Eléctrico

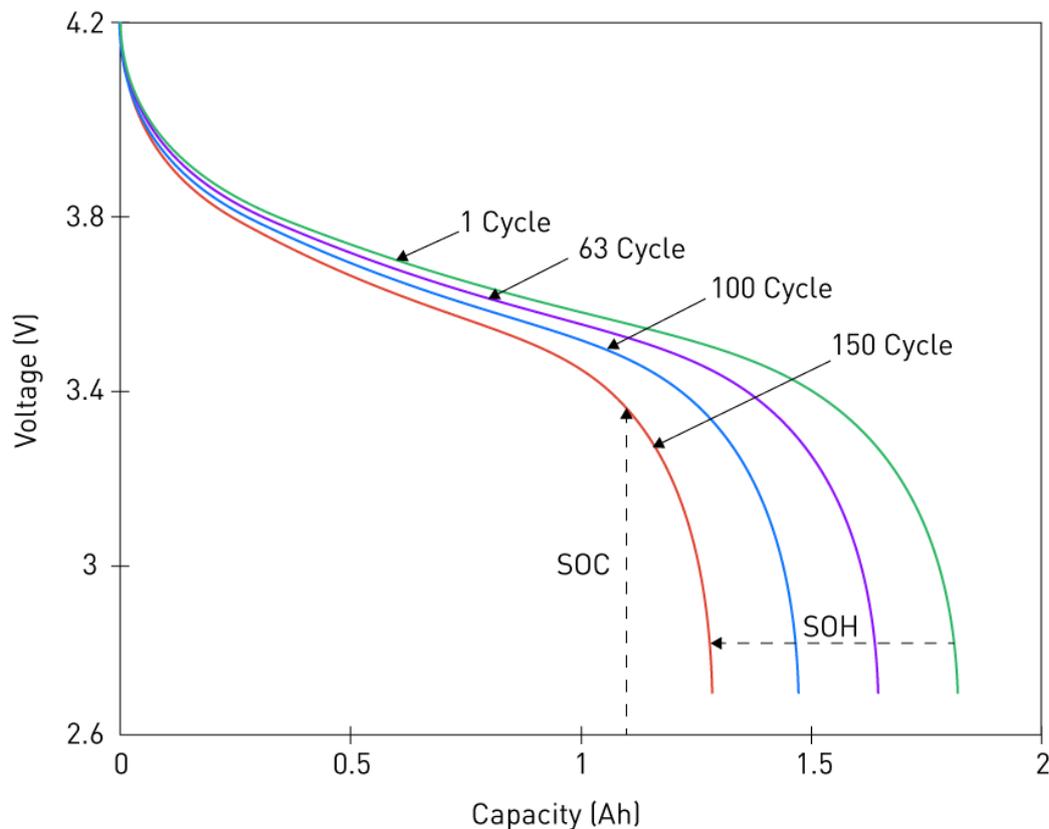
El SOH evalúa la condición general y el grado de envejecimiento de la batería. Proporciona una visión del rendimiento de la batería en comparación con sus especificaciones originales cuando era nueva. Se expresa en porcentaje y refleja el desgaste acumulado a lo largo del tiempo.

El estado de salud proporciona información sobre el estado general de la batería, mientras que el SOC indica cuánta carga le queda a la batería. Representa una comparación entre la capacidad actual de la batería y su capacidad inicial en el momento de la compra. El SOH ofrece información útil sobre la expectativa de vida de la batería y las posibles fechas de reemplazo. Las baterías con un SOH bajo tienen menor capacidad para almacenar cargas

electrónicas a un voltaje determinado, lo que reduce su disponibilidad. En el siguiente diagrama (Figura 10) se muestra una ilustración común del impacto del SOC y el SOH de una batería.

Figura 10

Impacto del SOC y el SOH de una Batería de Vehículos Eléctricos



Tomado de: <https://www.monolithicpower.com/>

El estado de salud de la batería (SOH) refleja el estado general y la capacidad de rendimiento actual de la batería en comparación con una nueva. El SOH se expresa como un porcentaje (%):

- 100% SOH = BOL (Inicio de vida): Esto significa que la batería está en condiciones óptimas, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- 0% SOH = EOL (Fin de vida): Esto indica que la batería ya no es adecuada para ciertas aplicaciones.

Con el tiempo, el SOH de la batería disminuye progresivamente del 100% al 0% a medida que su capacidad de rendimiento se reduce. Generalmente, las baterías en aplicaciones de movilidad eléctrica se utilizan hasta que alcanzan un SOH del 70% u 80%, lo que se considera como la primera vida útil de la batería. Después de esto, la batería puede pasar a una segunda vida útil, donde se emplea en aplicaciones de almacenamiento de energía estacionaria.

Es crucial medir el SOH de la batería, mientras que el estado de carga (SOC) se puede correlacionar con la cantidad de energía almacenada en la batería, el SOH es un atributo más complejo, relacionado con la capacidad, antigüedad y nivel de desgaste de la batería. Aunque no es posible medir directamente los parámetros del SOH, se pueden calcular evaluando ciertas magnitudes físicas relevantes.

El SOC aumenta con un mayor voltaje de la batería y disminuye a medida que la batería se descarga. El SOH, o dicho de manera más simple, la vida útil de la batería disminuye a medida que aumenta el número de ciclos de carga y descarga.

2.2.8 Estado de Potencia (SOP) de una Batería de Vehículo Eléctrico

El SOP se enfoca en la habilidad de la batería para suministrar energía de manera efectiva en un momento específico.

También se expresa en porcentaje e indica la capacidad actual de la batería para proporcionar la potencia necesaria. El SOP puede variar debido a factores como la temperatura, la resistencia interna y la capacidad.

El SOP es el parámetro utilizado para describir las capacidades máximas de carga y descarga de la batería, que generalmente está restringido por múltiples umbrales, como límites de voltaje, límites de corriente y límites de SOC (Plett, 2004).

La estimación del SOP garantiza que los paquetes de baterías funcionen dentro de límites seguros, lo que evita una sobrecarga de las celdas y posibles daños.

2.2.9 *Distancia hasta Vacarse la Batería (DTE) de un Vehículo Eléctrico*

La distancia hasta el agotamiento (DTE) es un parámetro importante para los vehículos eléctricos (VE), ya que estima la autonomía restante antes de que la carga de la batería se agote por completo.

Las estimaciones precisas de la DTE son importantes para ayudar a los conductores de VE a planificar sus viajes sin preocuparse por la autonomía de la batería y evitar quedarse sin energía.

Para lograr esta estimación, se necesita un análisis del estado actual de la batería, incluido su SOC y SOH, y las condiciones de conducción actuales, como la velocidad y la temperatura.

Supongamos que un conductor tiene la batería llena y necesita recorrer 150 kilómetros. La batería del vehículo tiene una capacidad total de 50 kWh y el consumo medio de energía del vehículo es de 20 kWh cada 100 kilómetros.

Utilizando la estimación DTE, podemos calcular la capacidad de batería restante que tendrá el conductor cuando llegue a su destino:

$$\text{Energía consumida durante 150 km} = 20 \text{ kWh}/100 \text{ km} * 150 \text{ km} = 30 \text{ kWh}$$

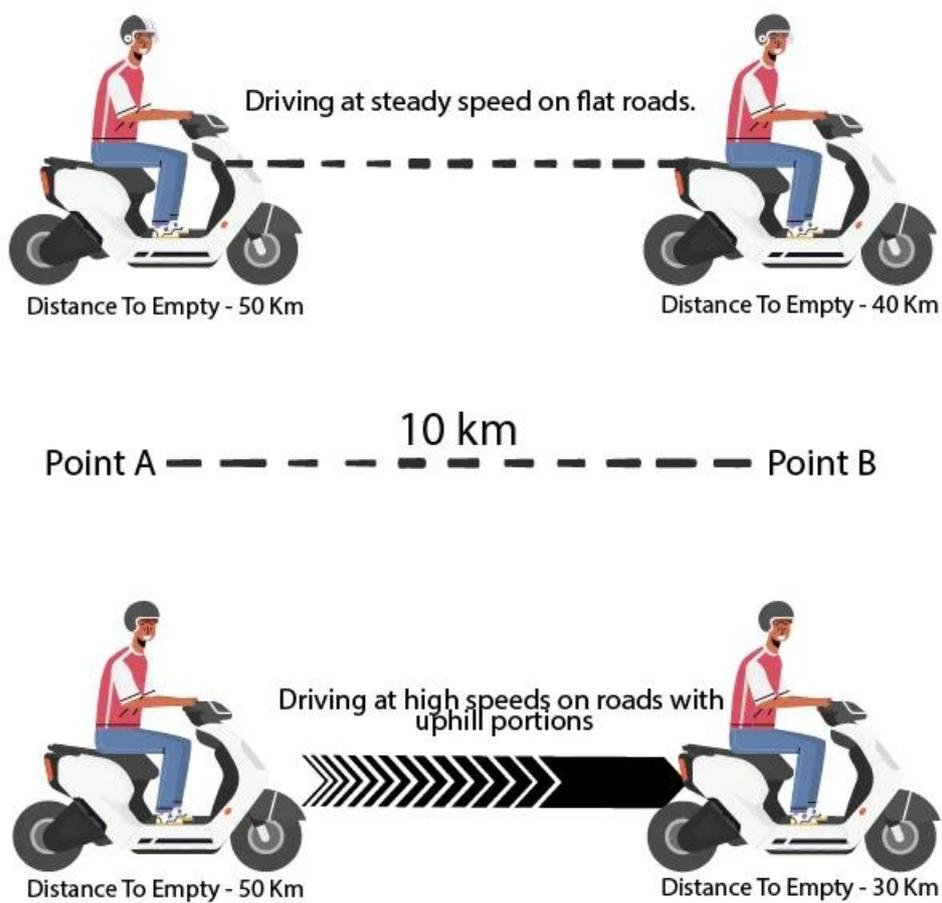
$$\text{Capacidad restante de la batería} = \text{Capacidad total} - \text{Energía consumida} = 50 \text{ kWh} - 30 \text{ kWh} = 20 \text{ kWh}$$

Como ejemplo para este cálculo, se puede estimar que los conductores podrían recorrer hasta 100 km antes de que la carga de la batería se agote.

Esta estimación puede ayudar al conductor a planificar su viaje de manera más segura, hacer las paradas necesarias para cargar la batería y evitar quedarse sin batería durante el trayecto (Figura 11).

Figura 11

Distancia hasta Vacarse la Batería (DTE) de Vehículos Eléctricos



Tomado de: <https://www.mokoenergy.com/es/>

Capítulo III

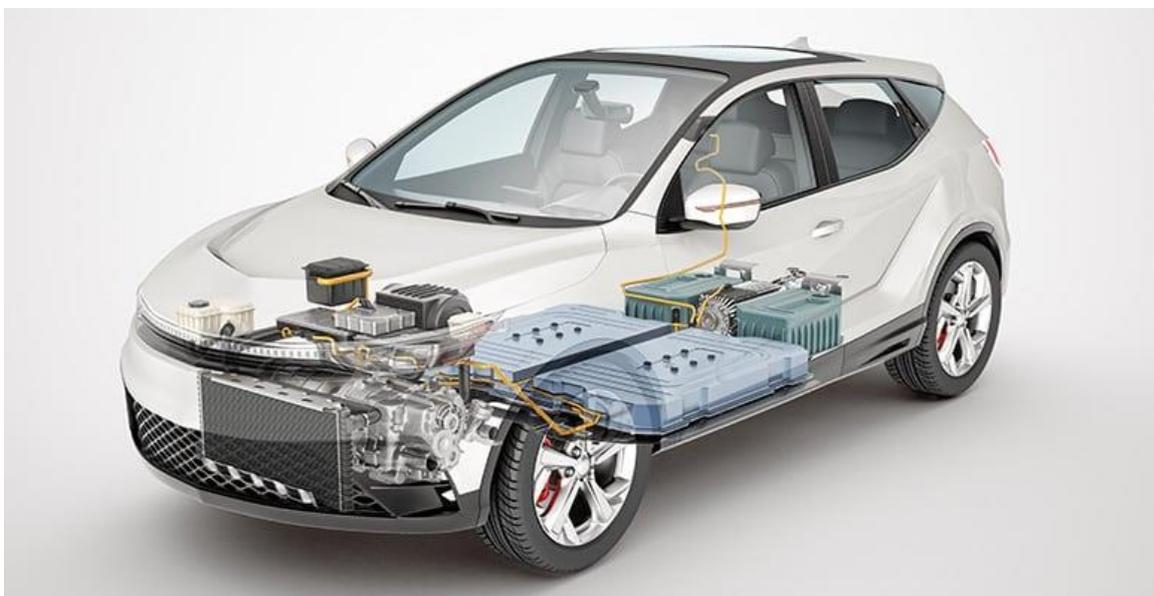
Condiciones de Carga y Descarga en el Rendimiento de las Baterías de Ion Litio

La metodología para determinar las condiciones de carga y descarga en el rendimiento de baterías de ion-litio implica un enfoque experimental detallado que permite evaluar cómo estas condiciones afectan la eficiencia, vida útil y seguridad de las baterías. A continuación, se presenta un procedimiento general que se puede seguir para estructurar la investigación en este ámbito.

Las baterías de iones de litio funcionan moviendo iones de litio entre dos electrodos (un ánodo (electrodo negativo) y un cátodo (electrodo positivo)) a través de un electrolito. Durante la carga, los iones de litio se almacenan en el ánodo. Cuando la batería se descarga, los iones de litio se mueven hacia el cátodo, liberando energía. El movimiento de los iones de litio se facilita mediante un separador, que evita el contacto directo entre los electrodos. Este proceso se repite durante los ciclos de carga y descarga, lo que permite que la batería almacene y libere energía (Figura 12).

Figura 12

Baterías de Alta Tensión



Tomado de: <https://fireisolator.com/the-risk-of-lithium-ion-batteries-thermal-runaway-in-evs>

3.1 Caracterización de las Baterías de un Vehículo Eléctrico

Tipo de batería: Verificar que tipo de batería de ion-litio se usa para el estudio (ej. 48V, 480Ah).

Especificaciones técnicas: Registrar la capacidad nominal, voltaje, tipo de celdas, ciclo de vida teórico y temperatura óptima de funcionamiento.

Herramientas necesarias: Uso de instrumentos como el EV Kit de Launch o herramientas equivalentes para obtener datos precisos.

3.2 Variables a Estudiar

Condiciones de Carga:

- Corriente de carga: Variar la corriente de carga (lenta, rápida) y observar cómo afecta la temperatura y la eficiencia.
- Estado de Carga (SOC): Evaluar el rendimiento en diferentes porcentajes de carga (ej. 0%-100%).
- Temperatura: Examinar cómo las diferentes temperaturas de carga afectan la vida útil y eficiencia de la batería.

Condiciones de Descarga:

- Corriente de descarga: Realizar pruebas con diferentes corrientes de descarga (alta, media y baja).
- Profundidad de Descarga (DOD): Evaluar el rendimiento con diferentes niveles de descarga (ej. 20%, 50%, 80%).
- Temperatura: Medir el impacto de la temperatura ambiental en la eficiencia de descarga y la posible degradación de la batería.

3.3 Vehículo Utilizado

El Skywell ET5 es un SUV eléctrico de origen chino que combina un diseño moderno con tecnología avanzada. Ofrece un interior espacioso y una amplia gama de características

tecnológicas. Equipado con una batería de 72 kWh, el ET5 tiene una autonomía aproximada de 520 km según el ciclo NEDC, aunque puede variar en condiciones reales. Su motor eléctrico genera 150 kW (201 hp) y un torque de 320 Nm, proporcionando una aceleración fluida y eficiente.

Las especificaciones detalladas de este vehículo se presentan en la Tabla 1 para su referencia.

Tabla 1

Especificaciones del Vehículo ET5

Especificación	Valor
• Marca	• Skywell
• Año	• 2022
• Modelo	• ET5
• Tipo de motorización	• 100% Eléctrico
• Tipo de Batería	• Ternaria de iones de litio
• Capacidad de la Batería	• 71,984 kWh
• Peso de la Batería	• 442 kg
• Carga rápida DC	• 30 minutos (380v) 30%-80%
• Carga AC	• 11 horas (220V)
• Rango de Crucero	• Hasta los 520 kilómetros
• Energía - batería (kWh)	• ≥ 110 kWh
• Potencia - motor (kW)	• 100-150Kw
• Par motor l (Nm)	• 100-200Nm

Para llevar a cabo un diagnóstico del estado de las baterías de un vehículo eléctrico Skywell E5 usando el EV Kit de Launch. El vehículo (Figura 13) cuenta con varias asistencias de conducción, como control de crucero adaptativo, advertencia de colisión frontal, y asistencia de mantenimiento de carril. Además, su sistema de infoentretenimiento incluye una pantalla táctil grande y conectividad avanzada. El ET5 está orientado a quienes buscan una movilidad sostenible sin sacrificar confort ni tecnología (Skywellcorp.com, 2024).

Figura 13

Vehículo Utilizado para la Prueba Experimental



Tomado de: <https://skywell.com.ec/>

3.4 Diseño del Experimento

Pruebas de Carga:

- Realizar ciclos completos de carga variando la corriente (lenta, rápida).
- Registrar parámetros como el tiempo de carga y la temperatura alcanzada durante la carga.
- Medir la capacidad total de la batería bajo diferentes condiciones.

Pruebas de Descarga:

- Realizar varios procesos de descargas controladas.
- Medir parámetros como voltaje, corriente y temperatura en intervalos regulares.
- Determinar la capacidad disponible.

3.4.1 Monitorización de Datos

Equipos de medición:

- Utilizar un sistema de adquisición de datos del escáner o analizador de baterías para monitorear voltaje, corriente, temperatura y SOC.
- Registrar los cambios de rendimiento en intervalos definidos (ej. cada 1%, 5% o 10% de descarga/carga).

3.4.2 Criterios de Evaluación del Rendimiento

- Capacidad de la batería: Evaluar la capacidad nominal.
- Eficiencia de carga y descarga: Medir la relación entre la energía almacenada y la energía utilizada.
- Temperatura: Analizar los picos de temperatura alcanzados y su impacto en la degradación de las celdas.
- Ciclos de vida: Estimar la reducción de la capacidad a través de múltiples ciclos de carga/descarga.

3.4.3 Análisis de Resultados

- Verificar la batería bajo diferentes condiciones de carga y descarga.
- Identificar patrones de degradación asociados a determinadas corrientes de carga/descarga y temperaturas.
- Relacionar la eficiencia energética con el SOC y la profundidad de descarga (DOD).
- Evaluar si los resultados obtenidos cumplen con las especificaciones de fábrica o las superan bajo ciertas condiciones.

3.4.4 Conclusiones y Recomendaciones

- Proporcionar conclusiones sobre las mejores prácticas para la carga y descarga de baterías de ion-litio en términos de eficiencia y longevidad.
- Sugerir condiciones óptimas de carga/descarga para maximizar la vida útil y seguridad de las baterías.
- Proponer futuras líneas de investigación, como la mejora de los algoritmos de gestión de baterías o el uso de sistemas de refrigeración.

3.4.5 Herramientas y Equipos Recomendados

- EV Kit de Launch para diagnóstico y monitoreo de baterías.
- Analizador de baterías para medir la capacidad y eficiencia.
- Software BMS (Sistema de Gestión de Baterías) para gestionar datos en tiempo real.
- Termocuplas o sensores de temperatura para monitorear cambios de temperatura.
- Equipo de protección personal.

3.5 Pruebas en Baterías de Tensión de un Vehículo Eléctrico

Las baterías de tensión (BHV) en los vehículos eléctricos (EVs) son componentes críticos que requieren pruebas rigurosas para garantizar su seguridad, rendimiento y durabilidad.

A continuación, se detallan las pruebas más importantes que deben realizarse en baterías de alta tensión en vehículos eléctricos, así como los métodos y herramientas para llevarlas a cabo.

3.5.1 Prueba de Capacidad de la Batería

La prueba de capacidad mide la cantidad de energía que la batería puede almacenar y entregar bajo condiciones controladas.

- Procedimiento:

Cargar la batería al 100%.

Descargar la batería bajo una carga constante hasta que alcance su nivel de corte (20% o especificado por el fabricante).

Medir la cantidad de energía (en kWh) que se ha entregado durante la descarga.

- **Objetivo:** Determinar si la capacidad nominal de la batería está dentro de los límites especificados.
- **Herramientas:** Escáneres como el Launch PAD VII o un sistema de gestión de baterías (BMS).

Nivel de carga inicial: Consultar el nivel de carga actual a través del sistema de gestión de batería (BMS) o el panel del vehículo.

- Hay que asegurar que el tipo de conector sea compatible con el vehículo.
- Revisar los indicadores en la pantalla del vehículo o del cargador para monitorear el estado de carga (SOC, porcentaje de batería).
- Verificar que los valores de voltaje y corriente sean consistentes con las especificaciones de la batería.
- Monitorear la temperatura mediante el BMS para evitar sobrecalentamientos.
- Detener la carga cuando alcance el nivel recomendado (por lo general, entre el 80% y 100% dependiendo del uso).

3.5.2 Prueba de Ciclos de Vida

Esta prueba implica someter la batería a repetidos ciclos de carga y descarga para evaluar su comportamiento a largo plazo.

- **Procedimiento:**

Realizar múltiples ciclos de carga y descarga completos (0% a 100%) simulando el uso normal del vehículo.

Monitorear la capacidad restante de la batería y la eficiencia de la carga con el tiempo.

- **Objetivo:** Evaluar la degradación de la batería y su vida útil.

- Herramientas: Equipos de ciclo de carga controlados y BMS para el monitoreo de celdas individuales.

3.5.3 Prueba de Equilibrio de Celdas

Las baterías de alta tensión están formadas por múltiples celdas, y el equilibrio entre ellas es crucial para un rendimiento óptimo.

- Procedimiento:

Monitorear los voltajes individuales de cada celda durante los procesos de carga y descarga.

Evaluar si todas las celdas están equilibradas o si alguna presenta una desviación significativa.

- Objetivo: Asegurar que todas las celdas estén en un rango de voltaje similar para evitar sobrecargas o sobredescargas en celdas individuales.
- Herramientas: BMS avanzado con capacidad de monitoreo de celdas.

3.6 Equipo para Verificación del Estado de las Baterías

El kit complementario de diagnóstico para paquetes de baterías Launch EV está diseñado para ampliar las capacidades de los centros de servicio de vehículos eléctricos, ofreciendo diagnósticos completos y detallados de los paquetes de baterías (Figura 14).

Este complemento de diagnóstico permite realizar diversas evaluaciones de los paquetes de baterías, asegurando que los técnicos puedan recuperar y analizar rápidamente el estado de la batería, incluyendo el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH) y las temperaturas de los módulos individuales.

Figura 144

Kit de Actualización de Diagnóstico LAUNCH X431 EV



Tomado de: <https://diagtools.eu/es/equipos-de-diagnosic/295-launch-elt500-ev.html>

Capítulo IV

Guía Práctica para la Optimización de la Carga y Descarga de la Batería en un Vehículo Eléctrico

4.1 Descripción

El proceso de carga y descarga en los vehículos eléctricos (EVs) es crucial para maximizar la eficiencia, la durabilidad de la batería y el rendimiento del vehículo. Optimizar este proceso permite mejorar el ciclo de vida de la batería y reducir los costos de operación.

4.2 Factores a Considerar para la Optimización

- Temperatura

Rango óptimo de temperatura: Las baterías de ion-litio funcionan mejor entre 20°C y 25°C.

Carga: Evitar cargar la batería en temperaturas extremas (por debajo de 0°C o por encima de 45°C).

Descarga: Si la batería está muy caliente, permitir que se enfríe antes de someterla a ciclos de descarga profundos.

- Velocidad de Carga

Carga rápida: Aunque es conveniente, usarla con frecuencia puede degradar la batería. Limitar su uso para emergencias.

Carga lenta: Utilizar carga lenta (niveles 1 o 2) en la mayoría de las situaciones para reducir el estrés en la batería.

- Estado de Carga (SOC)

Rango óptimo: Mantener la carga entre 20% y 80% aumenta la vida útil de la batería.

Carga completa: Evitar cargar hasta el 100% de forma regular, a menos que sea necesario para viajes largos.

Descarga profunda: No permitir que la batería se descargue por debajo del 20%.

- Ciclos de Carga y Descarga

Ciclos parciales: Las baterías de ion-litio no sufren de “efecto memoria”, por lo que es recomendable realizar cargas parciales.

Ciclos completos: Realizar un ciclo de carga completo (0% a 100%) cada cierto tiempo (una vez al mes) para recalibrar los sistemas de gestión de la batería (BMS).

- Sistema de Gestión de la Batería (BMS)

Monitorización: El BMS regula la carga y descarga. Es importante asegurarse de que esté actualizado y en buen estado.

Protección: El BMS protege contra sobrecargas, sobredescargas y sobrecalentamiento, por lo que se debe respetar su funcionamiento para optimizar la durabilidad de la batería.

4.3 Optimización del Proceso de Carga

- Preparación para la Carga

Ubicación adecuada: Estacionar el vehículo en un lugar fresco, sombreado y con buena ventilación para reducir el calentamiento.

Carga nocturna: Si es posible, cargar durante la noche cuando la red eléctrica es más estable y las temperaturas suelen ser más bajas.

- Uso de la Carga Inteligente

Programación: Utilizar la programación de carga del vehículo para aprovechar tarifas de energía más económicas y evitar picos de demanda.

Carga gradual: Configurar el vehículo para comenzar la carga a niveles de corriente más bajos, permitiendo que la batería se caliente gradualmente antes de alcanzar velocidades más altas.

- Evitar sobrecargas

Desconexión automática: Usar cargadores inteligentes que interrumpen la carga cuando se alcanza el nivel deseado para evitar sobrecarga.

4.4 Optimización del Proceso de Descarga

- Conducción eficiente

Aceleración y frenado suave: Evitar aceleraciones y frenados bruscos, ya que estos aumentan la demanda energética y el desgaste de la batería.

Uso de modo ECO: Activar el modo de conducción eficiente (ECO) cuando sea posible para limitar la demanda de energía.

- Recuperación de energía

Frenado regenerativo: Utilizar al máximo el sistema de frenado regenerativo para recargar parcialmente la batería durante la conducción.

- Planificación de rutas

Evitar terrenos difíciles: Optar por rutas con menor pendiente y sin tráfico para optimizar el consumo de energía y evitar descargas innecesarias.

- Monitorización del SOC durante la conducción

Control constante: Mantener el nivel de carga en el rango recomendado (20%-80%) durante los viajes. Usar la energía de forma conservadora cuando el nivel de batería esté por debajo del 20%.

4.5 Mantenimiento y Buenas Prácticas

- Actualizaciones de software

Mantener actualizado el BMS: Asegurarse de que tanto el sistema del vehículo como el cargador estén actualizados para maximizar la eficiencia.

- Inspección periódica

Estado de los cables y conectores: Revisar regularmente los puntos de conexión del cargador y el estado físico de los cables.

- Almacenamiento adecuado

Almacenamiento prolongado: Si el vehículo no va a usarse por un tiempo, mantener la batería cargada entre el 50% y 60% y guardarlo en un lugar fresco.

4.6 Consideraciones Finales

Optimizar la carga y descarga de la batería en un vehículo eléctrico no solo prolonga su vida útil, sino que también maximiza la eficiencia energética, reduce costos operativos y contribuye a un menor impacto ambiental. Siguiendo estas pautas, los conductores pueden garantizar un uso más responsable y eficiente de sus vehículos eléctricos.

4.7 Guía Práctica para la Optimización de la Carga y Descarga de la Batería en un Vehículo Eléctrico Usando el Escáner Launch PAD VII

El escáner Launch PAD VII es una herramienta avanzada que permite diagnosticar, monitorear y optimizar el rendimiento de la batería en vehículos eléctricos (EVs). Se detalla los pasos y consideraciones para maximizar la eficiencia del ciclo de carga y descarga utilizando el escáner, contribuyendo a prolongar la vida útil de la batería y optimizar el rendimiento del vehículo.

4.7.1 Configuración Inicial del Escáner Launch PAD VII

- Conexión del Escáner

Paso 1: Conectar el escáner a través del puerto OBD-II del vehículo.

Paso 2: Encender el vehículo (sin iniciar el motor) y asegurarse de que el escáner está correctamente sincronizado con el sistema de gestión de la batería (BMS).

- Selección del Vehículo y Sistema de Batería

Paso 3: Asegurarse de seleccionar el modelo correcto del vehículo en la interfaz del escáner.

Paso 4: Acceder al módulo de batería de alta tensión desde el menú del escáner.

- Actualización de Software

Paso 5: Verificar que el software del escáner y del BMS esté actualizado. Si hay una actualización disponible, es recomendable realizarla antes de proceder con el diagnóstico (Figuras 15 y 16).

Figura 15

Instalación del Software

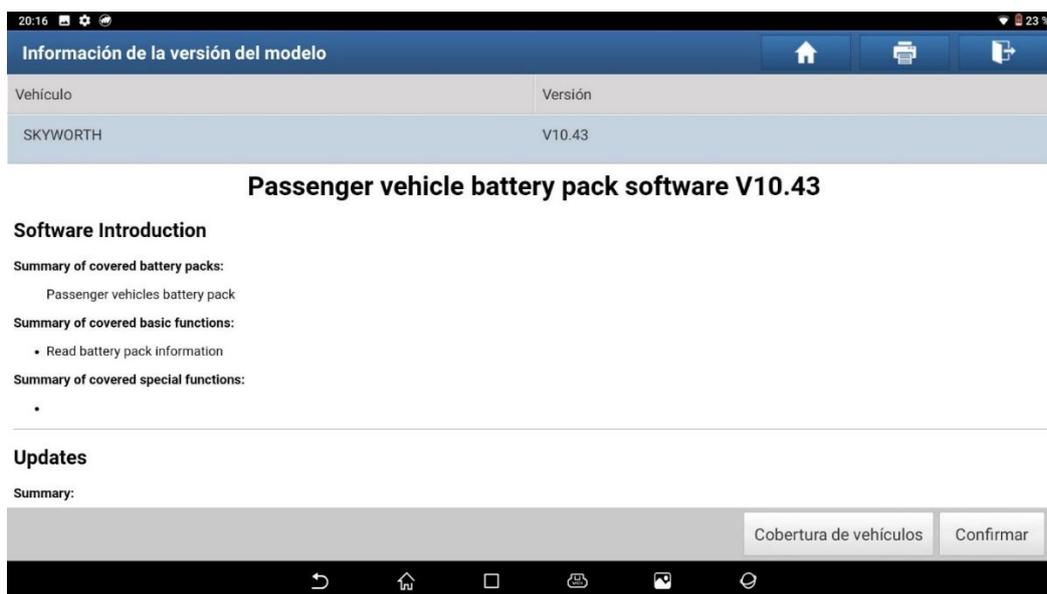


Figura 16

Modo de Diagnóstico EV



4.7.2 Optimización de la Carga de la Batería

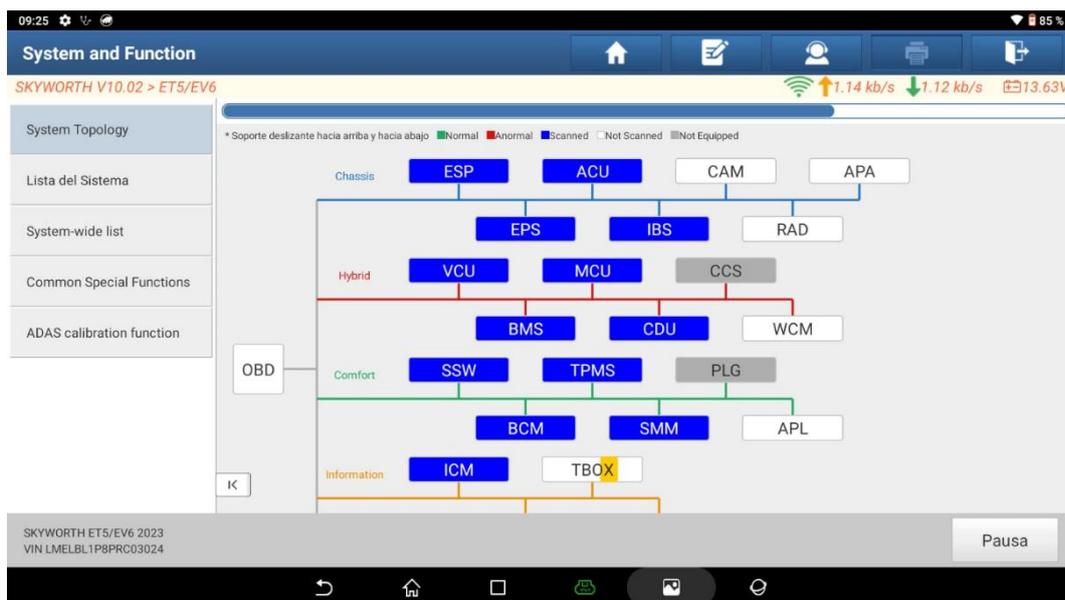
- Monitoreo del Estado de Carga (SOC)

Paso 1: En el menú del escáner, ingresar a la opción de "Estado de Carga (SOC)".

El Launch PAD VII proporciona información en tiempo real sobre el nivel de carga de la batería (Figura 17).

Figura 17

Modo de Sistema y Función Topológica



Recomendación: Mantener el SOC entre el 20% y el 80% para maximizar la vida útil de la batería (Figura 18).

Indicación de los parámetros del tipo de batería (Figura 19).

La batería de este tipo de vehículo es de Litio Ternario y su voltaje de referencia debe estar entre 2.80 y 4.20 voltios.

Se revisan los voltajes individuales de cada celda para identificar cualquier desequilibrio (Figura 20).

El voltaje de celdas individuales es aproximadamente 3,8 V.

Figura 18

SOC de Batería de Alta Tensión



Figura 19

Tipo de Batería de Alta Tensión

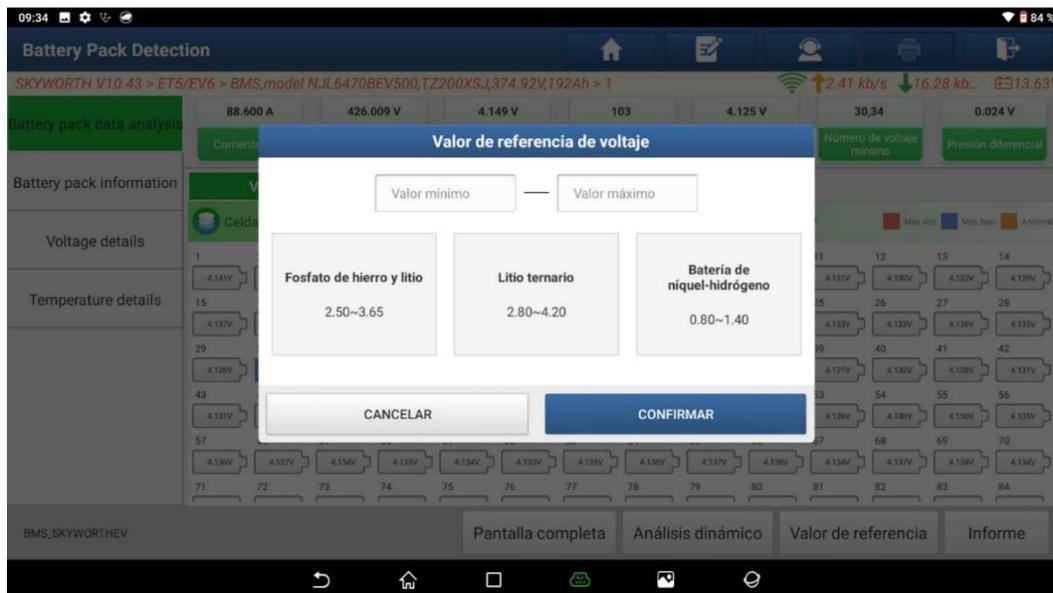
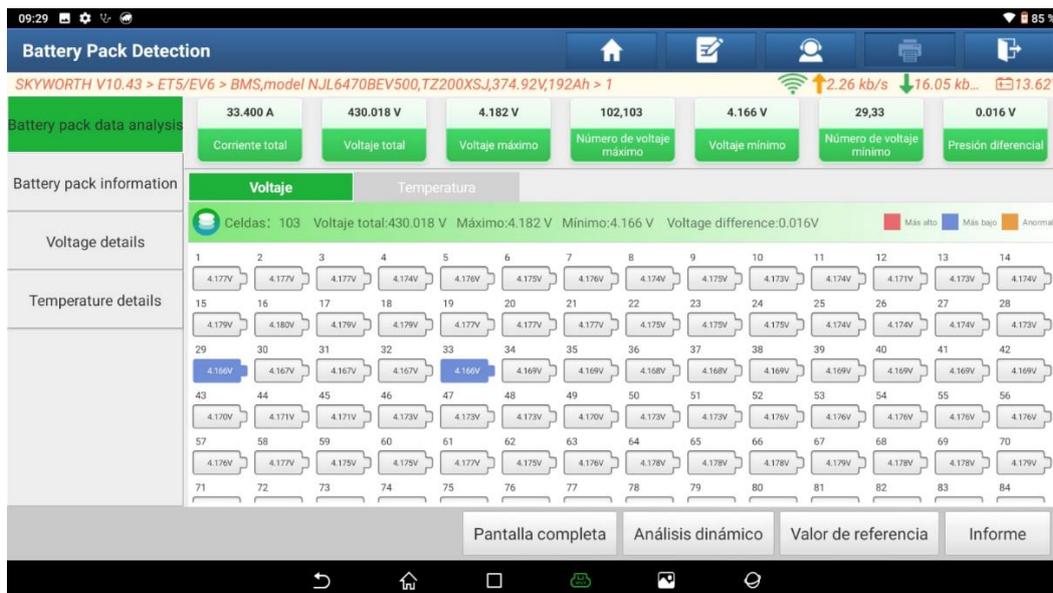


Figura 20

Voltajes Individuales de Cada Celda

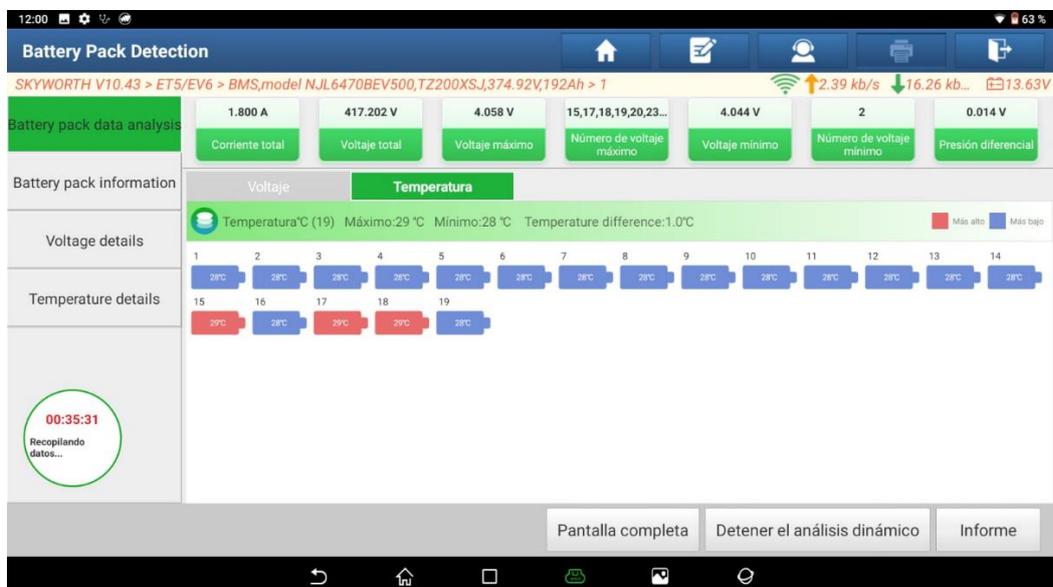


- Monitorización de la Temperatura de la Batería

Paso 2: Navegar a la sección de " Detalles de Temperatura de la Batería" y verificar que los sensores de temperatura estén funcionando correctamente (Figura 21).

Figura 21

Monitorización de la Temperatura de la Batería

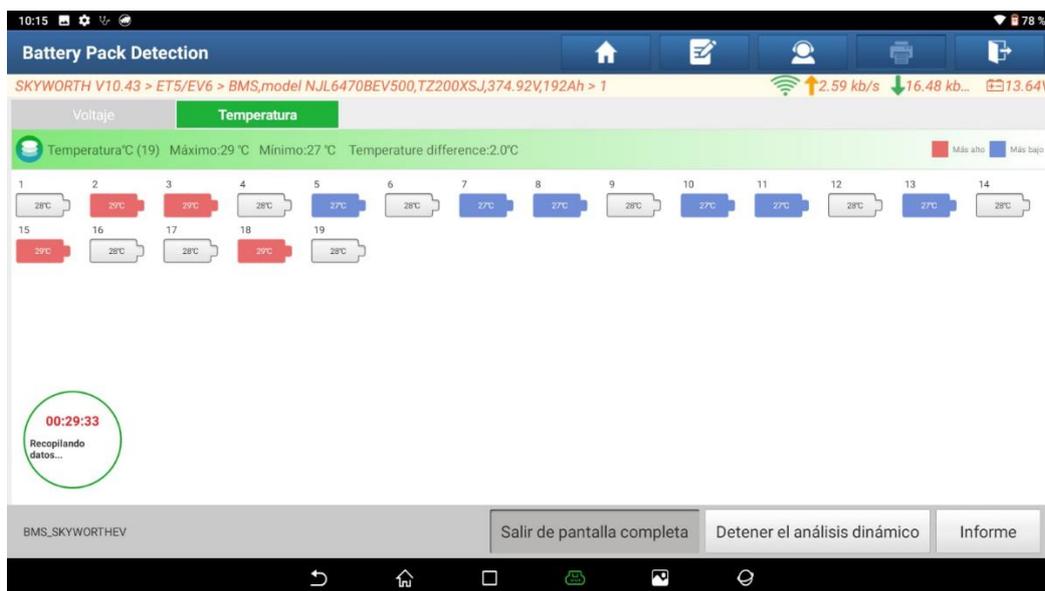


Rango óptimo de carga: Entre 20°C y 35°C.

Recomendación: Evitar la carga si la batería está por encima de 35°C o por debajo de 0°C. El escáner permite monitorear si las celdas individuales están dentro de este rango (Figura 22).

Figura 22

Temperaturas Individuales de Cada Celda



- Carga Inteligente

Paso 3: Activar el monitoreo del BMS durante el proceso de carga usando el escáner.

El escáner puede mostrar alertas en caso de irregularidades en el proceso, como sobrecarga, sobrecalentamiento o desequilibrio entre celdas.

Recomendación: Programar la carga para que se realice de manera gradual hasta alcanzar el 80% y evitar sobrecargas.

- Diagnóstico de los Ciclos de Carga

Paso 4: Utilizar la opción de "Historial de Carga" en el Launch PAD VII para revisar los ciclos de carga completados y verificar si se han registrado cargas rápidas excesivas que puedan haber afectado la batería.

Recomendación: Reducir la frecuencia de las cargas rápidas para minimizar el desgaste de la batería.

4.7.3 Optimización de la Descarga de la Batería

- Monitorización de la Tasa de Descarga

Paso 1: Navegar a la opción de "Tasa de Descarga" en el menú de diagnóstico.

El escáner permitirá visualizar si la batería está descargándose a una velocidad adecuada durante la conducción.

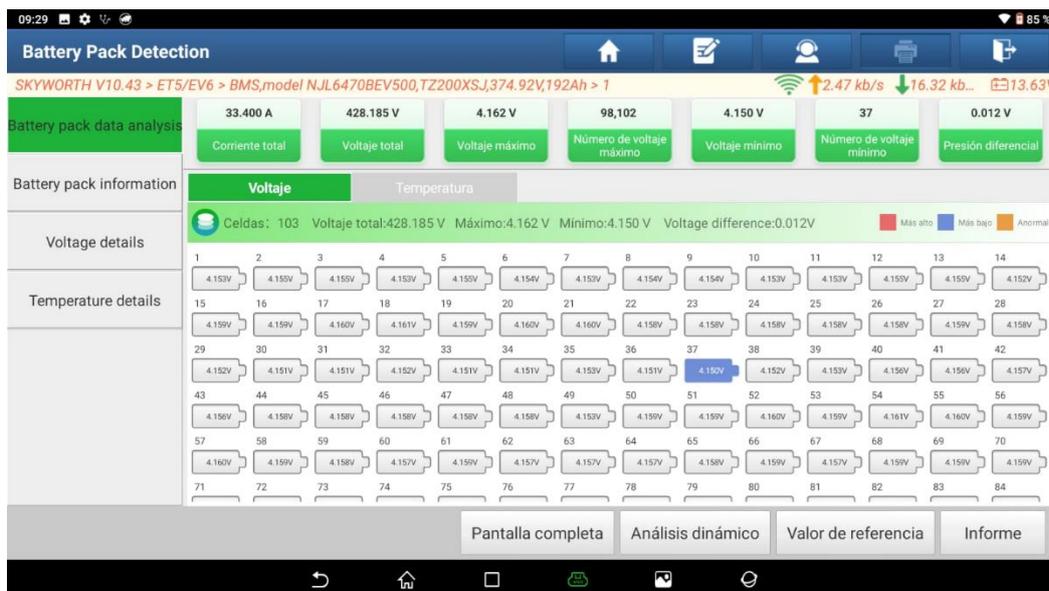
Recomendación: Mantener una descarga moderada y evitar demandas de energía excesivas (aceleración brusca) para evitar el desgaste rápido.

Se revisan los voltajes individuales de cada celda para identificar cualquier desequilibrio (Figura 23).

El voltaje de celdas individuales es aproximadamente 4,1 V.

Figura 23

Voltajes Individuales de Cada Celda



- Recuperación de Energía (Frenado Regenerativo)

Paso 2: Monitorear el sistema de frenado regenerativo con el escáner para verificar que está funcionando correctamente.

El Launch PAD VII puede mostrar los niveles de energía recuperada durante la desaceleración o frenado.

Recomendación: Utilizar el freno regenerativo siempre que sea posible para optimizar la descarga de la batería.

- Prevención de Descargas Profundas

Paso 3: El escáner puede alertar sobre una descarga profunda inminente cuando el SOC se aproxima al 20%.

Recomendación: No permitir que la batería se descargue por debajo del 20% para evitar el estrés innecesario y aumentar la longevidad.

4.7.4 Análisis de Salud de la Batería

- Estado de Salud (SOH)

Paso 1: En la sección de "Estado de Salud (SOH)" del escáner, se puede revisar el estado general de la batería en términos de capacidad restante.

Recomendación: Si el SOH está por debajo del 80%, es recomendable investigar posibles problemas y realizar mantenimiento preventivo.

- Balanceo de Celdas

Paso 2: El escáner permite verificar el balanceo de las celdas dentro de la batería. Un desbalance en las celdas puede afectar el rendimiento global.

Recomendación: Si el escáner detecta un desbalance, es aconsejable realizar un ciclo completo de carga y descarga para ayudar al BMS a corregir el problema.

4.7.5 Reportes y Registro de Datos

- Generación de Reportes

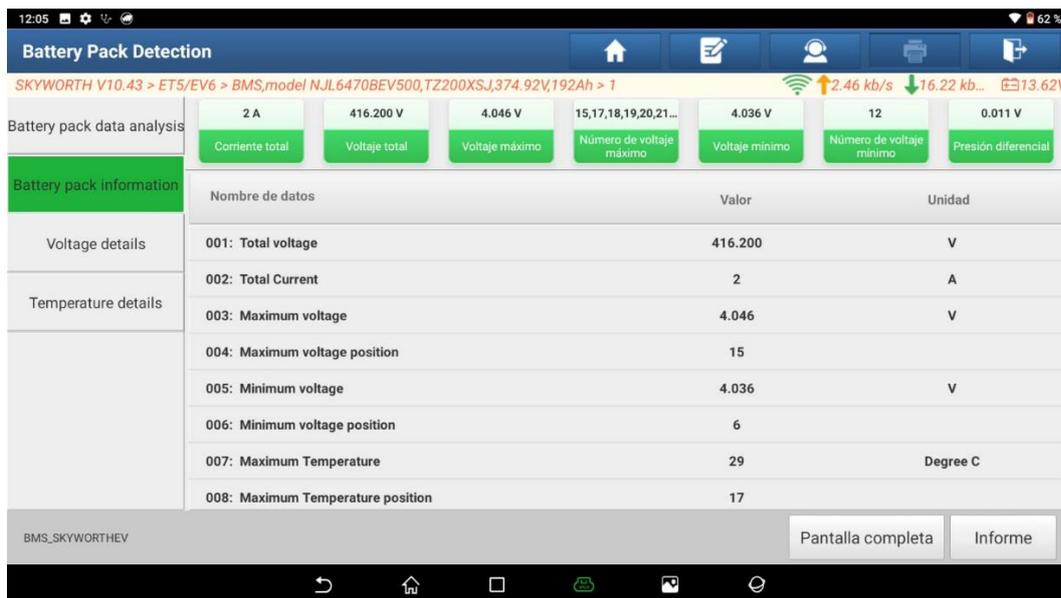
Paso 1: Utilizar la función de "Generación de Reportes" del Launch PAD VII para documentar el comportamiento de la batería (Figura 24).

Esto incluye el historial de cargas, descargas, niveles de temperatura, tasas de regeneración y cualquier alerta registrada.

Recomendación: Archivar estos reportes de manera periódica para monitorear cambios a largo plazo en el rendimiento de la batería.

Figura 24

Información del Paquete de Baterías



- Exportación de Datos

Paso 2: Exportar los datos recopilados a través del escáner para su análisis detallado, si se desea hacer una revisión más exhaustiva o comparar los resultados a lo largo del tiempo.

Los datos obtenidos se pueden visualizar en la pestaña flujo de datos (Figura 25).

Dentro de los datos que el Launch PAD VII monitorea, están las temperaturas de las celdas individuales y del paquete de baterías en general. Un aumento de temperatura puede provocar daños permanentes en las baterías, por lo que este análisis es crucial para evitar problemas relacionados con el sobrecalentamiento.

Figura 25

Flujo de Datos

Nombre	Valor	Unidad
BMS Charging Request Current	0	A
BMS Charging Request Voltage	0	V
BMS Low Voltage Supply Voltage	13.2	V
Serial Number Of The Battery Cell With The Max Voltage	15	
Serial Number Of The Battery Module With The Max Temperature	17	
SOC	80.60	%

El EV Kit de Launch PAD VII proporciona una visión completa del estado del paquete de baterías, permitiendo una optimización del rendimiento y prolongando la vida útil de las baterías de los vehículos eléctricos. Al final se presenta el informe de datos (Figura 26).

Figura 26

Informe de Lectura de Datos

Informe de análisis dinámico de la batería del vehículo

Informe creado por **元征 LAUNCH X-431**

Organización de Inspección

Nombre del Taller: UIDE
 Teléfono: 0998686823
 Hora de la prueba: 2024-08-27 11:25:01
 Versión del software del vehículo: V10.43

Dirección: Av. Las Aguas
 Número de Serie: 980016024080
 Técnicos:
 Nombre del Cliente:

Información del Vehículo

Marca: BMS_SKYWORTHEV
 Año:
 VIN:

Modelo:
 Kilometraje:
 Matrícula:

Resultado de Inspección

Compartir Compartir código QR Guardar

4.7.6 *Mantenimiento Preventivo y Recomendaciones Finales*

- Revisión del Sistema de Carga

Paso 1: Utilizar el Launch PAD VII para realizar un chequeo completo del sistema de carga del vehículo.

Verificar que los conectores, cables y el propio cargador estén en buen estado y no presenten fallas o signos de desgaste.

- Actualización de Software del Vehículo

Paso 2: Asegurarse de que tanto el software del BMS como el del escáner estén actualizados, ya que los fabricantes suelen mejorar los algoritmos de carga y descarga con actualizaciones.

- Optimización Constante

Recomendación: Realizar revisiones regulares con el Launch PAD VII para detectar cualquier anomalía antes de que se convierta en un problema mayor. El monitoreo constante y la evaluación proactiva son clave para mantener la eficiencia y prolongar la vida útil de la batería.

Conclusiones

Los procesos de carga y descarga en un vehículo eléctrico son fundamentales para el rendimiento y vida útil de la batería y se vio que los procesos de carga y descarga son importantes para mantener un control preciso para evitar sobrecargas o descargas profundas que podrían afectar la capacidad de almacenamiento y reducir la vida útil de la batería de ion litio.

Al utilizar el escáner Launch PAD VII es posible optimizar de manera efectiva los procesos de carga y descarga de la batería en un vehículo eléctrico, que permiten la combinación de monitoreo continuo y ajustes preventivos maximiza la eficiencia y reduce el desgaste prematuro de la batería.

La guía que describe los procedimientos de carga y descarga a las especificaciones del fabricante de cada vehículo eléctrico tiene un sistema de gestión de baterías y una arquitectura diferente. Una conveniente estrategia de carga y descarga, usando parámetros controlados como el nivel de carga óptimo (manteniendo el SOC entre el 20% y el 80%) y obviando descargas profundas o cargas al 100% de manera constante, consigue prolongar significativamente la vida útil de la batería de ion-litio en un vehículo eléctrico.

Recomendaciones

Se debe apoyar el uso de carga lenta en lugar de carga rápida, especialmente durante la carga nocturna o cuando el vehículo no está en uso.

Es oportuno una buena capacitación de los operadores y usuarios sobre las prácticas que perturban el rendimiento de la batería, como la temperatura ambiental, la velocidad de carga y descarga, y el uso apropiado de los modos de carga.

Es importante realizar procedimientos estándar para la carga y descarga, que contengan recomendaciones específicas sobre los momentos y métodos para realizar dichas operaciones.

Bibliografía

- Alarcón Andrade, D. A., Gómez, C., & Henry, J. (2024). Análisis de Problemas en Automóviles Eléctricos Usando una Herramienta de Diagnóstico Launch PAD VII (Doctoral dissertation, GUAYAQUIL/UIDE/2024).
- Apostolaki-Iosifidou, E., Codani, P., & Kempton, W. (2017). Measurement of power loss during electric vehicle charging and discharging. *Energy*, 127, 730-742.
- Deng, J., Bae, C., Denlinger, A., & Miller, T. (2020). Electric vehicles batteries: requirements and challenges. *Joule*, 4(3), 511-515.
- Ding, N., Prasad, K., & Lie, T. T. (2017). The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 9(1), 49-66.
- Denton, T. (2020). *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil.: Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos.* Marcombo.
- He, Y., Venkatesh, B., & Guan, L. (2012). Optimal scheduling for charging and discharging of electric vehicles. *IEEE transactions on smart grid*, 3(3), 1095-1105.
- Kumar, L., Choudhury, D., Paduri, A. R., Kumar, S., Sahoo, D., Murthy, J., & Darapaneni, N. (2024, March). Electric Vehicle (EV) Preventive Diagnostic System: Solution for Thermal Management of Battery packs using AIOT. In *2024 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 0041-0046). IEEE.
- Malek, A., & Toccanti, R. (2021). Innovative approach to electric vehicle diagnostics. *Archiwum Motoryzacji*, 92(2), 49-67.
- Rivero, V. L. R., Mero, C. M. L., Barrezueta, M. F. G., & Jaramillo, W. O. G. (2022). Perspectivas del eco-driving como técnica para reducir el consumo de combustible en la ciudad de Guayaquil: Perspectives of eco-driving as a technique to reduce fuel

consumption in the city of Guayaquil. *South Florida Journal of Development*, 3(5), 6226-6235.

Vera Gallo, N. G. (2022). Propuesta metodológica para desarrollo de diagnóstico de baterías en vehículos eléctricos con implementación de datos reales de conducción.

Villasol López, A., Díaz Santos, R., & Castro Fernández, M. (2024). Análisis de las potencialidades de un laboratorio para pruebas y homologación de baterías para vehículos eléctricos. *Ingeniería Energética*, 44(1), 132-142.

Wang, J., Zhang, S., & Hu, X. (2021). A fault diagnosis method for lithium-ion battery packs using improved RBF neural network. *Frontiers in Energy Research*, 9, 702139.

Yao, L., Xiao, Y., Gong, X., Hou, J., & Chen, X. (2020). A novel intelligent method for fault diagnosis of electric vehicle battery system based on wavelet neural network. *Journal of Power Sources*, 453, 227870.

