Powered by
Arizona State University®

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Víctor Enrique Delgado Vásquez

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

Diagnóstico del Estado de Baterías de un Vehículo Eléctrico Usando el EV Kit de Launch

Guayaquil-Ecuador |2024

Certificado de Autoría

Yo, Víctor Enrique Delgado Vásquez, 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.

_____

Víctor Enrique Delgado Vásquez

C.I.: 0931575898

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

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo amor incondicional y constante apoyo han sido mi mayor inspiración y motivación a lo largo de este camino académico. A mi querida familia, por su comprensión, paciencia y aliento en cada etapa de este viaje. A mis profesores y mentores, cuya guía experta y sabios consejos han sido fundamentales para mi formación académica. A mis amigos, por su compañía y ánimo durante los momentos de estudio y reflexión. A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a la realización de este trabajo, ¡gracias de corazón!

Víctor Delgado

Agradecimiento

En este momento de culminación de mi trabajo académico, deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que me han apoyado a lo largo de este arduo pero gratificante viaje.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de proyecto, Fernando Gómez Berrezueta, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su guía y sabiduría han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco profundamente a mi familia por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y comprensión durante los momentos difíciles. Su aliento y sacrificio han sido mi mayor inspiración.

No puedo dejar de reconocer el apoyo de mis amigos y seres queridos, quienes estuvieron a mi lado brindándome ánimo y motivación en cada etapa de este proceso.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron de alguna manera en este proyecto, ya sea proporcionando información, asistencia técnica o simplemente palabras de aliento.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su generoso apoyo y colaboración.

Con profunda gratitud!

Víctor Delgado

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

Abtract....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....2

1.2.2 Formulación del Problema....5

1.2.3 Sistematización del Problema....5

1.3 Objetivos de la Investigación....5

1.3.1 Objetivo General....5

1.3.2 Objetivos Específicos....6

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación....6

1.4.1 Justificación Teórica....7

1.4.2 Justificación Metodológica....7

1.4.3 Justificación Práctica....8

1.4.4 Delimitación Temporal....8

1.4.5 Delimitación Geográfica *8*

1.4.6 Delimitación del Contenido *8*

Capítulo II 9

Marco Referencial 9

2.1 Marco Teórico 9

2.1.1 Conceptos Preliminares *9*

2.1.2 Problemas Relacionados con los Vehículos Eléctricos *9*

2.1.3 Capacidad de la Batería en Vehículos Eléctricos *10*

2.1.4 Sistemas de Baterías de Ion-Litio en Vehículos Eléctricos *10*

2.1.5 La Tecnología de los Vehículos Eléctricos *11*

2.2 Marco Conceptual 13

2.2.2 Vida Útil de la Batería de Vehículos Eléctricos *13*

2.2.3 Estado de Salud de la Batería *14*

2.2.3 Factores que Influyen en la SOH *15*

2.2.4 Métodos para Monitorear SOH *16*

2.2.5 Importancia del Monitoreo de SOH *18*

2.2.6 Factores Influyentes en la Potencia de la Batería *18*

2.2.7 Fin de Vida Útil de la Batería *20*

2.2.7 Criterios para Evaluar la Batería de un Vehículo Eléctrico *21*

Capítulo III 23

Verificación del Estado de la Batería de un Vehículo Eléctrico 23

3.1 Estado de la Batería de un Vehículo Eléctrico 24

3.2 Pruebas en Baterías de Alta Tensión de un Vehículo Eléctrico 25

3.2.1 Pruebas de Diagnóstico con el Escáner 25

3.3 Criterios para la Evaluación del Estado de Salud de las Baterías 27

3.4 Equipo para Verificación del Estado de las Baterías 28

3.5 Metodología Aplicada 30

3.5.1 Métodos 30

3.5.2 Tipo de Estudio 30

3.5.3 Investigación Exploratoria 30

3.5.4 Investigación Descriptiva 31

3.5.5 Investigación Aplicada 31

3.6 Resultados Esperados 32

3.6.1 Vehículo Utilizado 32

Capítulo IV 35

Proceso de Diagnóstico de las Baterías de un Vehículo Eléctrico 35

4.1 Descripción 35

4.2 Razones para Detectar SOH en la Batería 36

4.3 Procedimiento Experimental Detallado 37

4.3.1 Preparación del Equipamiento y del Vehículo *37*

4.3.2 Instalación del Software *37*

4.3.3 Activación del Software *40*

4.3.4 Conexión del EV Kit al Vehículo *42*

4.3.5 Realización del Diagnóstico *43*

4.3.6 Análisis de Datos *45*

4.3.7 Identificación de Fallos *47*

4.3.8 Documentación y Reporte *51*

4.3.9 Desconexión y Finalización *51*

4.3.10 Consideraciones Adicionales *52*

Conclusiones 53

Recomendaciones 55

Bibliografía 56

Índice de Figuras

Figura 1 *Crecimiento Histórico Global de las Ventas de Baterías de Iones de Litio*.....4

Figura 2 *Flota Total Mundial de Vehículos Eléctricos (Excluidos los Autobuses Eléctricos)*..5

Figura 3 *Baterías de Iones de Litio*.....11

Figura 4 *Dispositivos Semiconductores en Vehículos Eléctricos* 12

Figura 5 *Curva de Degradación Normal de la Batería* 14

Figura 6 *Estado de Salud de la Batería* 15

Figura 7 *Mediciones del Espectro de Impedancia para la Celda en Función del Número de Ciclos* 17

Figura 8 *Capacidad Máxima de la Batería de Iones de Litio y Ciclo de Vida en Función del Voltaje* 19

Figura 9 *Fin de Vida Útil de Batería para Vehículos Eléctricos*.....20

Figura 10 *Gestión del Final de Vida Útil de las Baterías de Vehículos Eléctricos*.....22

Figura 11 *Pruebas en Baterías de Alta Tensión* 27

Figura 12 *Kit de Actualización de Diagnóstico LAUNCH X431 EV*.....29

Figura 13 *Metodología Experimental Detallada* 34

Figura 14 *Beneficios de los Autos Eléctricos*.....36

Figura 15 *Determinación del SOH* 37

Figura 16 *Instalación del Software*.....38

Figura 17 *Instalación del Software-Acceso a Mall*.....38

Figura 18 *Instalación del Software-Versión del Modelo* 39

Figura 19 *Instalación del Software-Verificación Final* 39

Figura 20 *Activación de la Tarjeta* 40

Figura 21 *Activación de la Suscripción de la Tarjeta*.....41

Figura 22 *Instalación del Software de Diagnóstico de la Batería*.....41

Figura 23 *Localización del Puerto de Diagnóstico OBD-II* 42

Figura 24 *Comunicación entre el Vehículo y el Kit de Diagnóstico* 43

Figura 25 *Selección del Modo de Diagnóstico EV* 44

Figura 26 *Lectura de Datos* 44

Figura 27 *Informe de Lectura de Datos* 45

Figura 28 *Análisis de Datos del Paquete de Baterías* 46

Figura 29 *Análisis de Datos de las 103 Celdas de la Batería* 46

Figura 30 *Información del Paquete de Baterías-Voltaje y Corriente* 47

Figura 31 *Datos de los Voltajes* 48

Figura 32 *Valor de Referencia de Voltaje* 48

Figura 33 *Verificación de Valor de Voltaje* 49

Figura 34 *Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 1-8* 50

Figura 35 *Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 9-16* 50

Figura 36 *Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 12-19* 51

Índice de Tablas

Tabla 1 *Datos del Vehículo*.....33

Resumen

El proyecto de investigación "Diagnóstico del Estado de Baterías de un Vehículo Eléctrico Usando el EV Kit de Launch" tiene como objetivo principal desarrollar un método eficaz para evaluar el estado de las baterías en vehículos eléctricos utilizando el equipo EV Kit de Launch. El enfoque de la investigación se centra en la aplicación de este kit de diagnóstico especializado para identificar posibles problemas de funcionamiento en las baterías de los vehículos eléctricos y proporcionar recomendaciones para su mantenimiento y reparación. El estudio se basa en la recopilación de datos de diferentes vehículos eléctricos mediante el uso del EV Kit de Launch, que incluye herramientas de diagnóstico avanzadas y funciones específicas para analizar el estado de las baterías. Se llevan a cabo pruebas y análisis detallados para evaluar la capacidad, la salud y el rendimiento de las baterías, así como para identificar posibles fallos o degradaciones. Además, el proyecto incluirá la elaboración de una metodología estructurada para el diagnóstico del estado de las baterías, que abarca desde la recopilación de datos hasta la interpretación de resultados y la formulación de recomendaciones. Se presta especial atención a la precisión y fiabilidad de los procedimientos de diagnóstico, así como a la optimización del rendimiento de las baterías y la prolongación de su vida útil. El resultado esperado de este proyecto es la creación de un método efectivo y práctico para el diagnóstico del estado de las baterías en vehículos eléctricos, que pueda ser utilizado por técnicos y profesionales del sector automotriz para mejorar el mantenimiento y la gestión de estos componentes críticos en la industria de la movilidad eléctrica.

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

Abtract

The main objective of the research project "Diagnosis of the Battery Condition of an Electric Vehicle Using the Launch EV Kit" is to develop an effective method to evaluate the condition of batteries in electric vehicles using the Launch EV Kit. The research focus is on the application of this specialized diagnostic kit to identify potential malfunctions in electric vehicle batteries and provide recommendations for maintenance and repair. The study is based on the collection of data from different electric vehicles using Launch's EV Kit, which includes advanced diagnostic tools and specific functions to analyze the health of the batteries. Detailed testing and analysis is carried out to evaluate the capacity, health and performance of the batteries, as well as to identify possible failures or degradation. In addition, the project will include the development of a structured methodology for diagnosing the state of batteries, ranging from data collection to interpretation of results and formulation of recommendations. Particular attention is paid to the accuracy and reliability of diagnostic procedures, as well as optimizing battery performance and extending their service life. The expected result of this project is the creation of an effective and practical method for diagnosing the condition of batteries in electric vehicles, which can be used by technicians and professionals in the automotive sector to improve the maintenance and management of these critical components in the electric mobility industry.

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

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Diagnóstico del estado de baterías de un vehículo eléctrico usando el EV Kit de Launch.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En la era actual de la movilidad sostenible, los vehículos eléctricos han ganado una relevancia significativa como alternativa ecológica a los vehículos de combustión interna. Sin embargo, a medida que la demanda de vehículos eléctricos crece, también aumenta la necesidad de un mantenimiento adecuado y diagnóstico preciso de sus componentes críticos, especialmente las baterías. Las baterías son el corazón de un vehículo eléctrico, y su rendimiento y durabilidad son fundamentales para la satisfacción del cliente y la confianza en esta tecnología emergente.

Las baterías son sistemas complejos que involucran una interacción sofisticada de química, eléctrica y control electrónico. La capacidad de detectar de manera temprana y precisa cualquier anomalía en estas baterías es crucial para evitar fallos inesperados, garantizar la seguridad del usuario y prolongar la vida útil del vehículo.

El aumento en la adopción de vehículos eléctricos ha llevado a una creciente necesidad de diagnósticos precisos y eficientes de sus sistemas, especialmente en lo que respecta a las baterías, que son componentes críticos en estos vehículos. A pesar de los avances en la tecnología de vehículos eléctricos y en los escáneres de diagnóstico, aún existen desafíos significativos en la detección temprana de problemas en las baterías de estos vehículos.

Los sistemas de baterías de vehículos eléctricos son complejos y están sujetos a una variedad de condiciones que pueden afectar su rendimiento y durabilidad. Los fallos en las baterías pueden deberse a varios factores, como la carga y descarga incorrectas, el desgaste natural, los problemas de gestión térmica y otros defectos internos. Estos problemas pueden

llevar a una disminución del rendimiento del vehículo, una vida útil reducida de la batería e incluso representar un riesgo de seguridad para los ocupantes y otras personas en la carretera.

El estado de la batería de un vehículo eléctrico puede ser determinado utilizando equipos de diagnóstico profesionales. En las estaciones de servicio, se emplean escáneres de diagnóstico especiales que son capaces de leer la información del sistema de gestión de baterías (BMS) del automóvil eléctrico. Por ejemplo, el Consult 3 + se utiliza para trabajar con toda la línea de vehículos eléctricos e híbridos de Nissan, LOKI — es exclusivo para los vehículos Tesla, y el Xentry Diagnostic es un dispositivo de diagnóstico utilizado por los concesionarios para vehículos eléctricos e híbridos de Mercedes. Estas herramientas permiten a los especialistas en estaciones de servicio obtener datos sobre el estado de la batería y realizar un análisis (Msgequipment.mx, 2023). Por lo tanto, el problema central que enfrenta este proyecto es la falta de un protocolo de diagnóstico en baterías de vehículos eléctricos que aproveche plenamente las capacidades del escáner Launch Pad VII para identificar de manera precisa y oportuna los problemas en las baterías, permitiendo así intervenciones rápidas y eficaces por parte de los técnicos automotrices. La ausencia de este protocolo efectivo limita la eficiencia operativa de los talleres de reparación automotriz, afecta la satisfacción del cliente y obstaculiza la adopción continua de vehículos eléctricos en el mercado.

1.2.1 Planteamiento del Problema

Los vehículos eléctricos (VEs) han ganado popularidad en los últimos años debido a su naturaleza ecológica y eficiencia energética. Sin embargo, a medida que la tecnología de los vehículos eléctricos se ha vuelto más compleja, también lo han hecho los desafíos asociados con el diagnóstico y reparación de problemas (De Gennaro, 2015).

El problema radica en las limitaciones y desafíos específicos que los técnicos y mecánicos enfrentan para diagnosticar el estado de las baterías de un vehículo eléctrico.

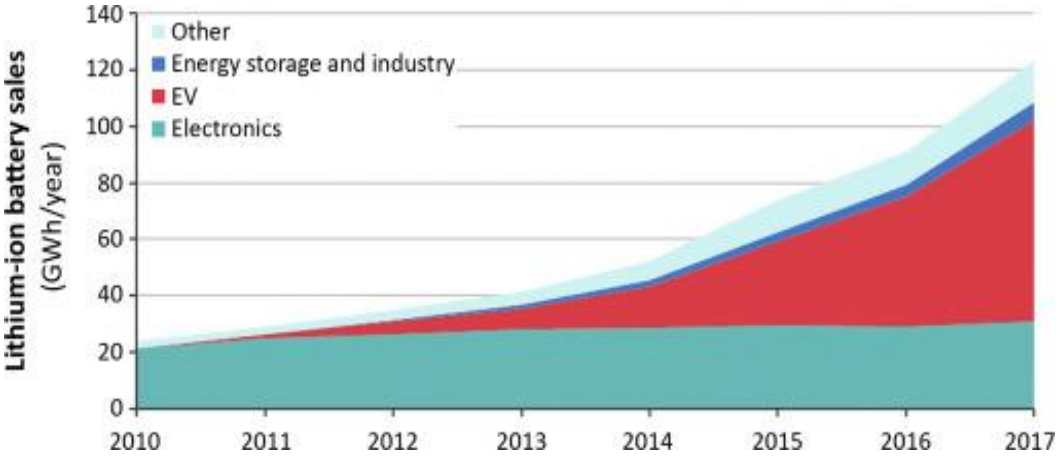
Las ventas mundiales de vehículos eléctricos (EV) han mostrado un fuerte crecimiento el año pasado, alcanzando un récord de 6,6 millones en 2021. El avance de la tecnología de almacenamiento de energía en baterías de iones de litio desempeña un papel fundamental en la comercialización masiva de vehículos eléctricos. Las estimaciones han demostrado que la demanda mundial de baterías de iones de litio se quintuplicaría hasta alcanzar los 2000 gigavatios-hora (GWh) entre 2022 y 2030. El mercado más grande para las baterías de iones de litio es y seguirá siendo diversos escenarios de aplicación de vehículos eléctricos. Para aprovechar la oportunidad de mercado, se han gastado miles de millones de dólares en investigación y desarrollo de tecnologías de baterías para mejorar la densidad de energía y el ciclo de vida. Hoy en día, académicos de todo el mundo están estudiando el diagnóstico de fallas de los sistemas de baterías para mejorar la seguridad de los vehículos eléctricos. Por ejemplo, Chen et al. propuso un enfoque de diagnóstico de fallas basado en modelos investigando las características de fallas de cortocircuito externo de las baterías de iones de litio.

Dey et al. propuso un modelo de dos estados para el diagnóstico de fallas térmicas, que es capaz de describir la dinámica de la temperatura de la superficie y el núcleo de las celdas de baterías de iones de litio. Mingant et al. propuso una técnica de diagnóstico del estado de salud (SOH) para baterías de iones de litio basada en el análisis de señales de corriente y voltaje libre. Liu y cols. propusieron un método de aislamiento y detección de fallas de sensores para baterías de iones de litio en vehículos eléctricos utilizando un filtro Kalman extendido adaptativo. Piao et al. propuso un algoritmo de detección de valores atípicos para la evaluación de la seguridad del sistema de baterías. En la década de 1970, la crisis del petróleo provocó un renovado interés en los vehículos eléctricos (Pollet et al., 2012). A partir de entonces, los vehículos eléctricos han reaparecido periódicamente y, desde la década de 2000, se está produciendo el crecimiento más reciente y fuerte (OCDE/AIE, 2017c; véase también Figura 1 para conocer el crecimiento

histórico mundial de las ventas de baterías de iones de litio en los principales mercados). segmentos). Los vehículos eléctricos a batería dominan ahora el mercado de vehículos eléctricos.

Figura 1

Crecimiento Histórico Global de las Ventas de Baterías de Iones de Litio

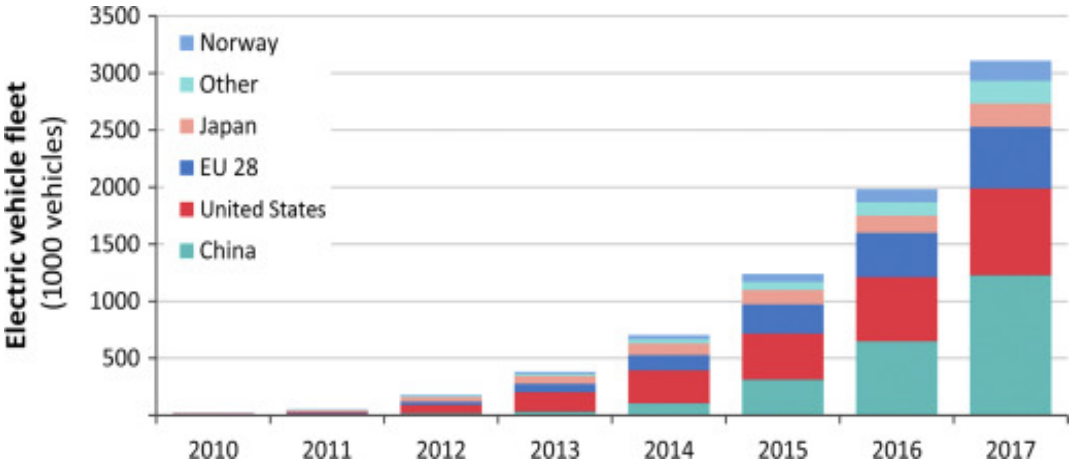


Tomado de: https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/electric-vehicles

El mercado mundial de vehículos eléctricos ha crecido rápidamente en los últimos años. Incluyendo los autobuses eléctricos, hoy en día hay más de 5 millones de vehículos eléctricos en las carreteras. En los últimos años, el crecimiento fue impulsado principalmente por China, cuya flota aumentó de 11.600 vehículos en 2012 a 350.000 en 2016 y a más de 2 millones de vehículos en 2019. China tiene un objetivo de 5 millones de vehículos eléctricos para 2020 y es el hogar del líder del mercado mundial. para la fabricación de vehículos eléctricos BYD, seguida de Renault-Nissan (Francia-Japón), Tesla (Estados Unidos) y BMW (Alemania) (REN21, 2017; BNEF, 2018 a,b). Las ventas anuales globales superaron el millón de vehículos por primera vez en 2017 (excluidos los HEV no enchufables, Figura 2). A nivel mundial, los BEV representan dos tercios de las ventas de vehículos eléctricos. En mercados específicos, como en Japón, los PHEV tienen la mayor parte (dos tercios de las nuevas ventas). En la Unión Europea (UE), los BEV y PHEV se venden actualmente anualmente en cantidades aproximadamente iguales.

Figura 2

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



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

1.2.2 Formulación del Problema

En este contexto, surge la pregunta: ¿Cómo desarrollar un protocolo de diagnóstico efectivo utilizando el LAUNCH X431 EV Diagnostic Upgrade Kit para evaluar el estado de las baterías de los vehículos eléctricos, permitiendo una detección temprana y precisa de posibles problemas, y contribuyendo así a la seguridad del usuario y a la durabilidad de los vehículos eléctricos?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los diferentes equipos de diagnóstico profesionales usados en la verificación del estado de la batería de un vehículo eléctrico?
- ¿Cuáles son los criterios para la evaluación de las baterías de un vehículo eléctrico?
- ¿Existe un proceso de diagnóstico de las baterías de un vehículo eléctrico por medio de guías prácticas utilizando el EV Kit de Launch?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Diagnosticar el estado de baterías de un vehículo eléctrico usando el EV Kit de Launch.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar sobre los diferentes equipos de diagnóstico profesionales usados en la verificación del estado de la batería de un vehículo eléctrico.
- Analizar los criterios para la evaluación del estado de salud y el fin de vida las baterías en un vehículo eléctrico.
- Describir el proceso de diagnóstico de las baterías de un vehículo eléctrico por medio de guías prácticas.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

El crecimiento acelerado de la industria de vehículos eléctricos (VE) representa un paso crucial hacia la sostenibilidad ambiental y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, para garantizar la eficiencia y confiabilidad a largo plazo de estos vehículos, es fundamental implementar un sistema de diagnóstico avanzado en sus baterías. El uso del escáner Launch Pad VII permite mejorar significativamente la precisión y la rapidez del diagnóstico, lo que se traduce en un mantenimiento más efectivo y una mayor duración de las baterías.

Los vehículos eléctricos están gradualmente ocupando las carreteras. En solo unos pocos años, los vehículos eléctricos han pasado de ser novedades para convertirse en un medio de transporte masivo. Uno de los argumentos a favor de adquirir un vehículo eléctrico es la falta de necesidad de un mantenimiento regular. Sin embargo, la operación de los vehículos eléctricos plantea nuevos desafíos a sus propietarios. Es bien sabido que cualquier batería pierde capacidad con el tiempo. Por lo tanto, el tiempo de autonomía restante y la vida útil de la batería son las principales preocupaciones para los propietarios de vehículos eléctricos. Dado que la batería de tracción del vehículo eléctrico es la pieza más costosa, se va a abordar la cuestión de cómo conocer su estado.

1.4.1 Justificación Teórica

Los vehículos eléctricos (VE) están experimentando un crecimiento significativo en todo el mundo debido a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, el rendimiento y la vida útil de un VE dependen en gran medida de la batería que utiliza. Una gestión ineficaz de la batería puede llevar a una disminución en la autonomía, un aumento en los tiempos de carga y, en última instancia, a una experiencia insatisfactoria para el usuario.

En este contexto, surge la necesidad de un protocolo de diagnóstico eficiente y preciso para las baterías de vehículos eléctricos. Las baterías de iones de litio, comúnmente utilizadas en los VE, son dispositivos complejos y su degradación puede ser influenciada por una variedad de factores, como la temperatura, la corriente de carga, la profundidad de descarga, entre otros. Detectar problemas en las etapas iniciales puede ayudar a prevenir fallas catastróficas, mejorar la seguridad y prolongar la vida útil de la batería, lo que a su vez contribuirá a una adopción más amplia y sostenible de los vehículos eléctricos.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica del proyecto de diagnóstico en baterías de vehículos eléctricos con LAUNCH X431 EV Diagnostic Upgrade Kit del escáner Launch Pad VII es esencial para respaldar la necesidad y relevancia de llevar a cabo este estudio.

Al justificar metodológicamente el proyecto de diagnóstico en baterías de vehículos eléctricos con el escáner Launch Pad VII, es crucial enfocarse en cómo esta investigación aborda problemas reales, mejora las prácticas existentes y contribuye al conocimiento en el campo de los vehículos eléctricos y la tecnología de diagnóstico.

1.4.3 Justificación Práctica

El diagnóstico regular puede identificar problemas tempranos en las baterías, permitiendo reparaciones o reemplazos antes de que ocurran fallas catastróficas. Esto reduce los costos de mantenimiento a largo plazo y aumenta la durabilidad de los vehículos eléctricos.

El proyecto ofrece la oportunidad de recopilar datos importantes sobre el rendimiento de las baterías en condiciones reales, mejorando las tecnologías de las baterías y contribuyendo así al avance de la industria de vehículos eléctricos.

1.4.4 Delimitación Temporal

El trabajo se lleva a cabo desde abril de 2024 hasta agosto de 2024, periodo durante el cual se realiza la investigación y desarrolla el proyecto propuesto.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo se lleva a cabo desde abril de 2024 hasta agosto de 2024, periodo durante el cual se realiza la investigación y desarrolla el proyecto propuesto.

1.4.6 Delimitación del Contenido

La delimitación de contenidos para un proyecto de diagnóstico en vehículo eléctrico con el LAUNCH X431 EV Diagnostic Upgrade Kit de Launch abarcará lo siguiente:

- Equipos de diagnóstico profesionales usados en la verificación del estado de la batería.
- Diagnóstico de baterías en vehículos eléctricos.
- Criterios para la evaluación de las baterías de un vehículo eléctrico
- Procedimientos paso a paso para el diagnóstico.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

El marco teórico para un proyecto de diagnóstico en vehículos eléctricos con el LAUNCH X431 EV Diagnostic Upgrade Kit de Launch debe establecer una base sólida de conocimiento sobre los vehículos eléctricos, los sistemas de diagnóstico automotriz y criterios de diagnóstico.

2.1.1 Conceptos Preliminares

El proyecto se puede basar en el diagnóstico de baterías de vehículos eléctricos utilizando equipos de diagnóstico profesionales.

A medida que los vehículos eléctricos continúan ganando popularidad y se vuelven más comunes en las carreteras, la necesidad de realizar diagnósticos efectivos de la batería se vuelve cada vez más crucial. El estado de la batería juega un papel importante en el rendimiento general, la eficiencia y la funcionalidad a largo plazo de los vehículos eléctricos.

2.1.2 Problemas Relacionados con los Vehículos Eléctricos

Existen algunos desafíos y problemas asociados con esto. Algunos de los problemas de los vehículos eléctricos incluyen:

- Autonomía limitada: Uno de los mayores problemas de los vehículos eléctricos es la autonomía limitada. Por lo general, recorren entre 100 y 300 millas con una sola carga, lo que puede ser un problema para las personas que desean viajar distancias más largas.
- Disponibilidad de infraestructura de carga: La infraestructura de carga está aumentando, pero aún no está tan extendida como las gasolineras.
- Tiempo de carga: Si bien el tiempo de carga ha mejorado, sigue siendo mucho más largo que llenar el tanque.

2.1.3 Capacidad de la Batería en Vehículos Eléctricos

Los coches eléctricos suelen mostrar una autonomía de conducción estimada en el salpicadero. Este número se basará en el nivel actual de carga de la batería y tendrá en cuenta el estilo de conducción, el terreno y las condiciones climáticas.

Una de las formas más sencillas de comprobar la capacidad de la batería es cargar completamente el coche, luego llevarlo a dar una vuelta y comparar las millas que realmente recorre con la autonomía estimada. Una batería en buen estado debería brindarle un alcance bastante cercano al estimado. La autonomía total disponible disminuirá con la edad, así que espere menos de un coche más antiguo; pero si el alcance real está muy alejado, cae significativamente o es inconsistente entre cargas, podría haber algún problema con la batería. Al conducir, utilizar la calefacción y el aire acondicionado para ver cómo afecta la autonomía disponible. Si se puede, comparar la autonomía con modelos similares de una antigüedad similar preguntando a otros propietarios de automóviles eléctricos (Kumar, 2024).

Las baterías de los actuales coches eléctricos (2024) tienen capacidades muy interesantes para permitir que las autonomías estén entre los 200 kilómetros y los 500 kilómetros (Micarga.es, 2024).

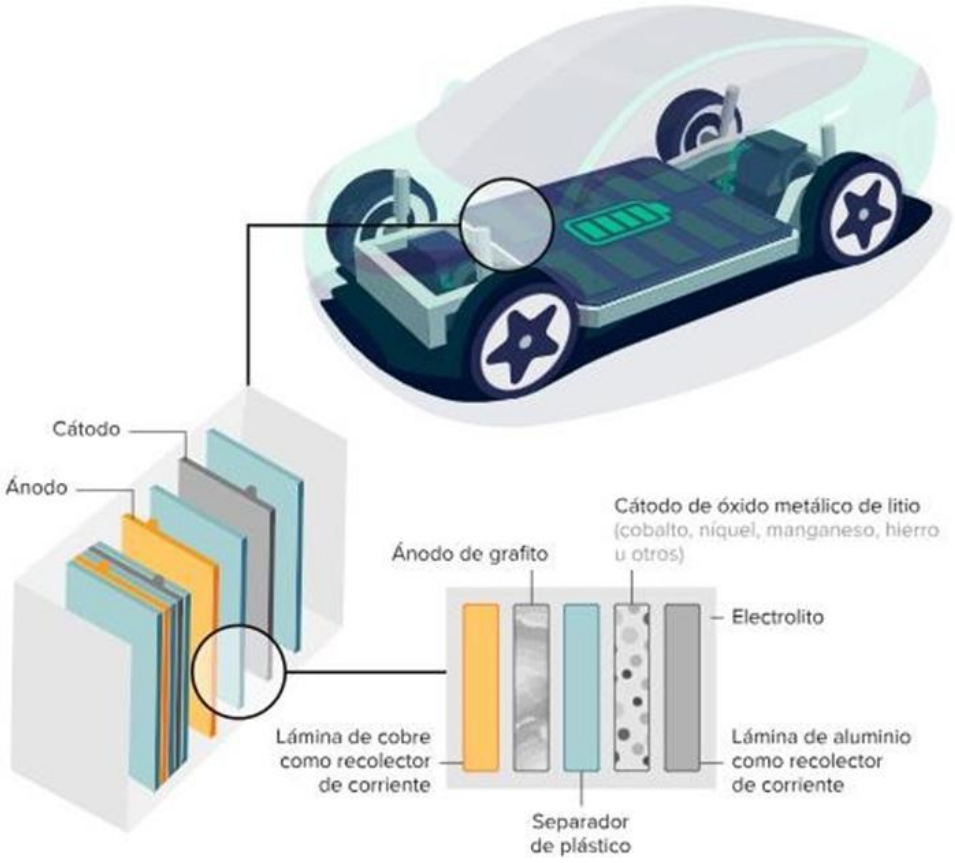
2.1.4 Sistemas de Baterías de Ion-Litio en Vehículos Eléctricos

Los siguientes sistemas de almacenamiento de energía se utilizan en vehículos totalmente eléctricos, PHEV y HEV.

- Baterías de iones de litio: Las baterías de iones de litio (Figura 3) se utilizan actualmente en la mayoría de los productos electrónicos de consumo portátiles, como teléfonos móviles y ordenadores portátiles, debido a su alta energía por unidad de masa y volumen en relación con otros sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. También tienen una alta relación potencia-peso, alta eficiencia energética.

Figura 3

Baterías de Iones de Litio



Tomado de: https://es.knowablemagazine.org/content/articulo/tecnologia/2023/reciclar-baterias- vehiculos-electricos

2.1.5 La Tecnología de los Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos (EV) son una tecnología prometedora para lograr un sector de transporte sostenible en el futuro, debido a sus muy bajas o nulas emisiones de carbono, su bajo nivel de ruido, su alta eficiencia y su flexibilidad en el funcionamiento e integración de la red.

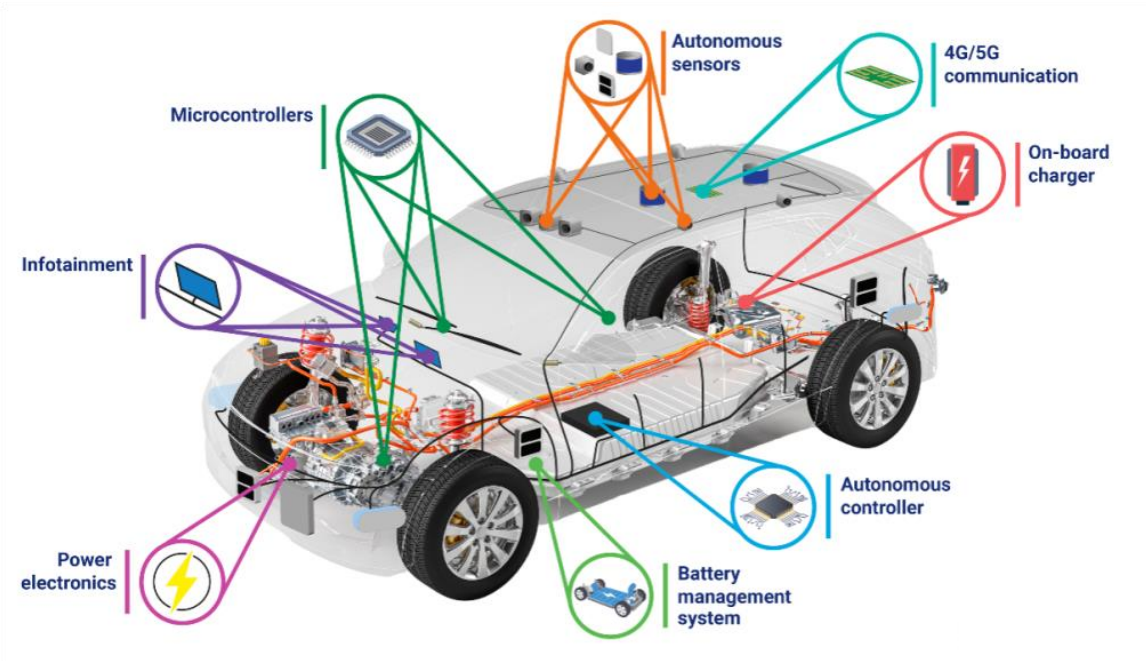
Este capítulo incluye una descripción general de las tecnologías de vehículos eléctricos, así como de los sistemas de almacenamiento de energía y mecanismos de carga asociados. Se presentan diferentes tipos de vehículos de propulsión eléctrica (Harper, 2019).

Estos incluyen vehículos eléctricos de batería, vehículos eléctricos híbridos enchufables, vehículos eléctricos híbridos y vehículos eléctricos de pila de combustible. Se analizan las topologías para cada categoría y las tecnologías habilitadoras. Se introducen varias configuraciones de trenes de potencia, nuevas tecnologías de baterías y diferentes topologías de convertidores de cargador. Electrificar el transporte no solo facilita una transición a la energía limpia, sino que también permite la diversificación de la combinación de combustibles del sector del transporte y aborda las preocupaciones de seguridad energética.

Dada la alta dependencia de los automóviles de los semiconductores, los consumidores podrían empezar a preocuparse más por los chips que hay en su interior antes de tomar decisiones sobre qué vehículo autónomo (AV) o vehículo eléctrico (EV) comprar. Según un nuevo informe, comprar un vehículo nuevo pronto será como comprar una computadora portátil nueva (Figura 4).

Figura 4

Dispositivos Semiconductores en Vehículos Eléctricos



Tomado de: https://www.embedded.com/buying-autonomous-electric-vehicles-will-soon-be-just-like-buying-a-laptop/

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Vehículos Eléctricos de Batería (BEV)

Un vehículo eléctrico de batería (BEV) es un tipo de vehículo eléctrico que utiliza la energía de la batería para impulsar el motor eléctrico y no se utiliza ninguna otra fuente de energía como un ICE o una pila de combustible de hidrógeno. Las tecnologías involucradas en los BEV son los motores eléctricos, los controladores del motor y el paquete de baterías. La batería se puede cargar mediante la estación de carga externa o mediante el frenado regenerativo (Maurad, 2018).

2.2.2 Vida Útil de la Batería de Vehículos Eléctricos

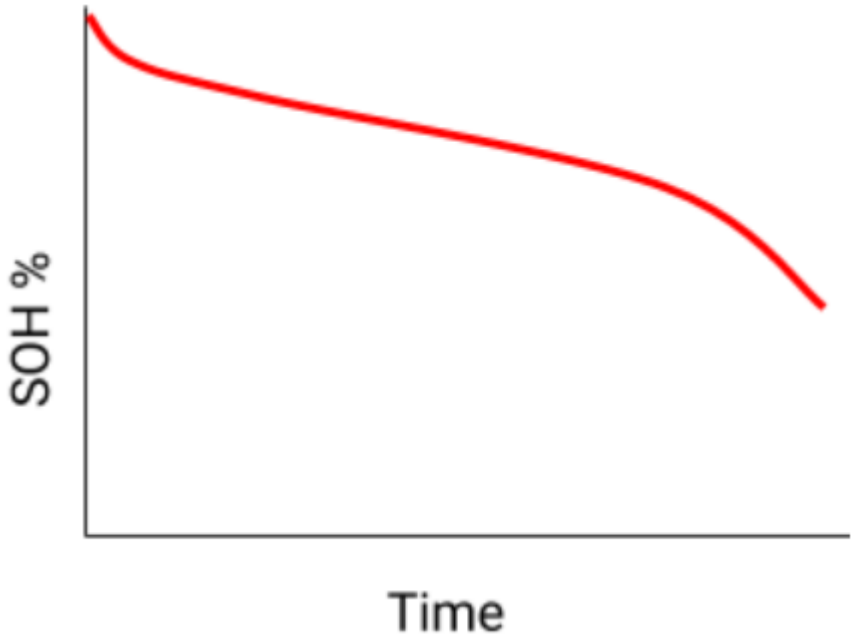
Con el aumento de los tiempos de carga y descarga, la batería del vehículo eléctrico irá envejeciendo y su rendimiento disminuirá. Generalmente, el estado de salud (SOH) de las baterías se utiliza para reflejar el proceso de envejecimiento de las baterías, que generalmente se manifiesta como la atenuación de la capacidad de la batería y el aumento de la resistencia interna. Los fabricantes de baterías definen el tiempo de terminación de la vida útil de la batería como cuando la capacidad de la batería cae al 80% de la capacidad nominal. Si la batería continúa utilizándose más allá de este estándar, su rendimiento disminuirá significativamente e incluso provocará consecuencias graves, como explosiones e incendios, con grandes riesgos para la seguridad. Por lo tanto, es de gran importancia medir con precisión la SOH.

La degradación de la batería es un proceso natural que resulta en una disminución permanente de la capacidad de energía que una batería puede retener o de la potencia que puede suministrar. Por lo general, las baterías de los vehículos eléctricos tienen una capacidad de potencia mayor que la requerida por los componentes del sistema de propulsión. Por lo tanto, la degradación de la potencia es poco común en los vehículos eléctricos, y solo se debe considerar la pérdida de capacidad para almacenar energía de la batería.

Cabe esperar que las baterías de vehículos eléctricos se degraden de forma no lineal: primero se produce una caída inicial, que sigue descendiendo, pero a un ritmo mucho más moderado. Al final de su vida útil, la batería sufrirá una importante degradación final, como se aprecia a continuación (Figura 5).

Figura 5

Curva de Degradación Normal de la Batería



Tomado de: https://www.geotab.com/es-latam/blog/el-estado-de-las-baterias-de-los-vehiculos-electricos/

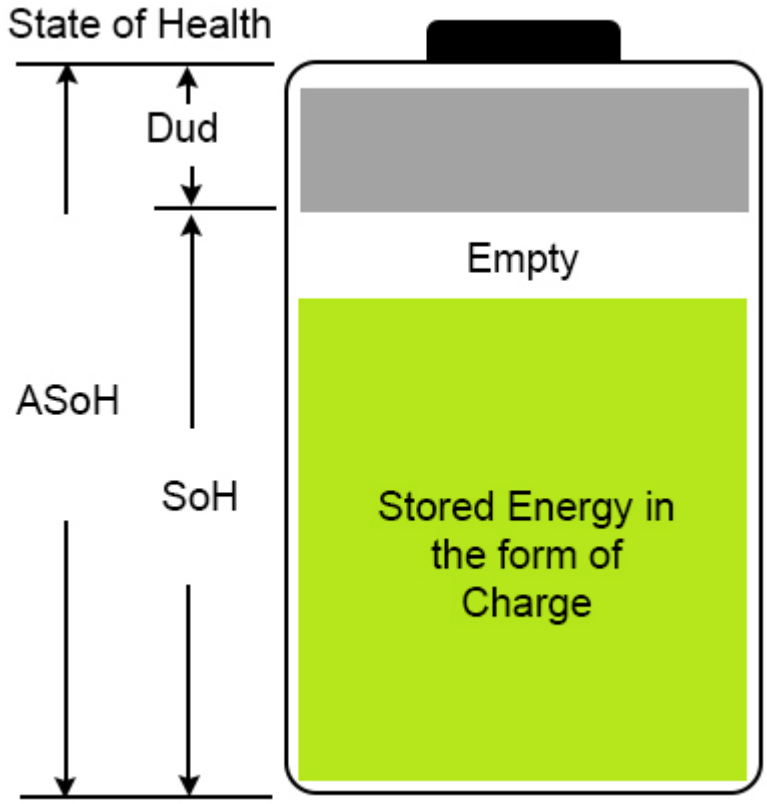
2.2.3 Estado de Salud de la Batería

El estado de salud (SOH) se refiere a la salud o condición actual de una batería de vehículo eléctrico en comparación con su estado inicial cuando era nueva (Figura 6). Proporciona información sobre la capacidad, la eficiencia y el rendimiento general de la batería durante su ciclo de vida. SOH es un parámetro esencial para monitorear, ya que impacta directamente en el alcance, el rendimiento y la seguridad de los vehículos eléctricos (Malek, 2011).

La estimación del estado de salud (SOH) juega un papel importante para garantizar el funcionamiento seguro del sistema de batería. El SOH de la batería no puede medirse directamente con los sensores comerciales actuales, mientras que solo puede estimarse utilizando los parámetros medidos, como la corriente de carga/descarga, el voltaje, el tiempo de muestreo, la temperatura, etc.

Figura 6

Estado de Salud de la Batería



Tomado de: https://www.everythingpe.com/community/what-is-state-of-health-SOH-of-an-ev-battery

2.2.3 Factores que Influyen en la SOH

Varios factores contribuyen a la degradación gradual del SOH de la batería con el tiempo.

- Ciclo de vida: Cada ciclo de carga y descarga que sufre una batería contribuye a su degradación. Las baterías de iones de litio, comúnmente utilizadas en los vehículos

eléctricos, tienen un número limitado de ciclos antes de comenzar a perder capacidad.

- Temperatura: Las temperaturas extremas, ya sean altas o bajas, aceleran la degradación de los materiales de las baterías. Las altas temperaturas pueden causar descomposición del electrolito y fuga térmica, mientras que las bajas temperaturas aumentan la resistencia interna.
- Profundidad de descarga (DOD): descargar regularmente una batería a niveles muy bajos puede acelerar su degradación. Las baterías tienden a tener una vida útil más larga si se utilizan dentro de un cierto rango de estado de carga.
- Velocidad de carga: la carga rápida puede generar calor dentro de la batería, lo que afecta su vida útil. Gestionar la tasa de carga e implementar mecanismos de enfriamiento son cruciales para preservar la salud de la batería.
- Degradación química: las reacciones químicas que ocurren dentro de la batería durante los ciclos de carga y descarga pueden provocar la formación de productos secundarios no deseados que afectan la capacidad y la eficiencia.
- Antigüedad: Independientemente del uso, las baterías se degradan con el tiempo debido a procesos químicos. Esto se conoce comúnmente como "envejecimiento por calendario".

El estado de salud de la batería es una forma útil de juzgar cuánta vida le queda a la batería de un vehículo eléctrico usado. Describe el estado general de una batería, no su carga actual. Para algunos vehículos, los diagnósticos a bordo pueden proporcionar datos que ayudan a determinar cuánto más puede esperar que dure, según cómo se ha utilizado hasta la fecha.

2.2.4 Métodos para Monitorear SOH

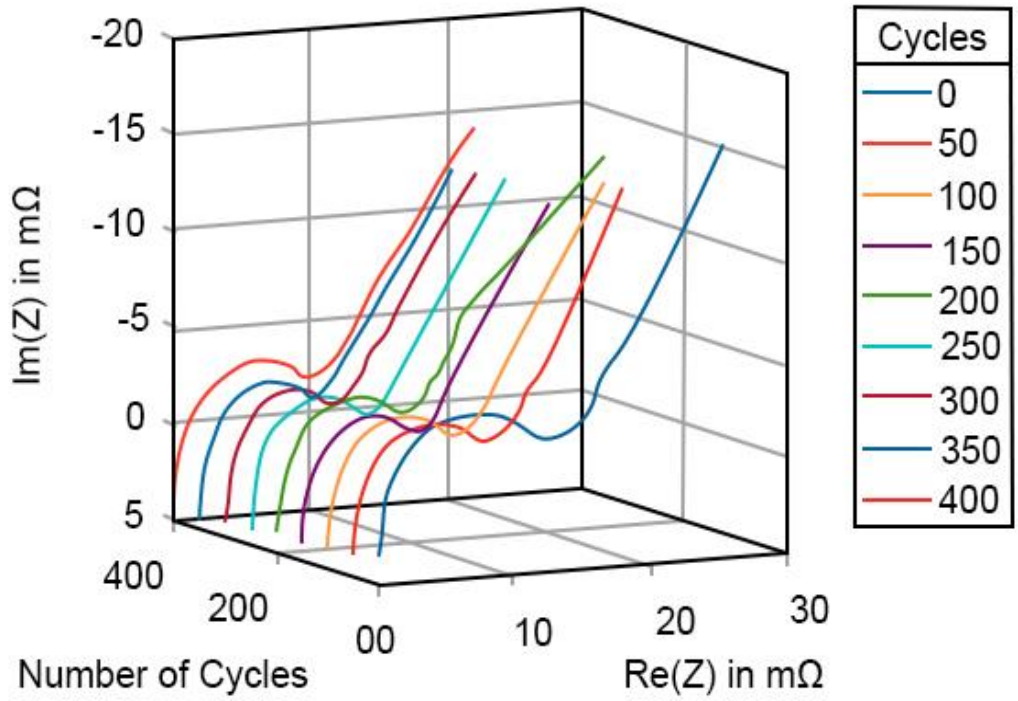
- Medición de capacidad: medir periódicamente la capacidad de la batería proporciona información sobre su capacidad cada vez menor para mantener una

carga. Esto se puede hacer cargando la batería por completo y luego descargándola a un ritmo constante hasta que alcance un cierto umbral de voltaje.

- Espectroscopia de impedancia: al medir la impedancia de una batería en varias frecuencias, los investigadores pueden evaluar la resistencia interna y las propiedades electroquímicas, que son indicativas de su salud (Figura 7).
- Análisis de voltaje y corriente: monitorear el voltaje y la corriente durante los ciclos de carga y descarga puede revelar cambios en el comportamiento de la batería, proporcionando pistas sobre su salud.
- Monitoreo térmico: realizar un seguimiento de la temperatura de la batería puede ayudar a identificar posibles problemas térmicos que podrían afectar su SOH.

Figura 7

Mediciones del Espectro de Impedancia para la Celda en Función del Número de Ciclos



Tomado de: https://www.everythingpe.com/community/what-is-state-of-health-SOH-of-an-ev-

2.2.5 Importancia del Monitoreo de SOH

- Estimación de la autonomía: la degradación de la batería afecta directamente la autonomía de conducción de los vehículos eléctricos. La monitorización precisa de SOH ayuda a los propietarios de vehículos a estimar con mayor precisión la autonomía de conducción restante.
- Eficiencia: Las baterías degradadas son menos eficientes, ya que una parte de la energía se pierde en forma de calor debido a una mayor resistencia interna. Mantener un buen SOH ayuda a mejorar la eficiencia general.
- Seguridad: Las baterías que están cerca del final de su vida útil pueden volverse inestables, lo que genera riesgos para la seguridad, como sobrecalentamiento o incluso incendios. El monitoreo de SOH puede ayudar a detectar posibles riesgos de seguridad.
- Gestión de costes: Reemplazar una batería de tracción es un gasto importante. El monitoreo de SOH puede ayudar a los propietarios de vehículos a planificar el reemplazo de la batería de manera rentable (Kumar, 2024).

2.2.6 Factores Influyentes en la Potencia de la Batería

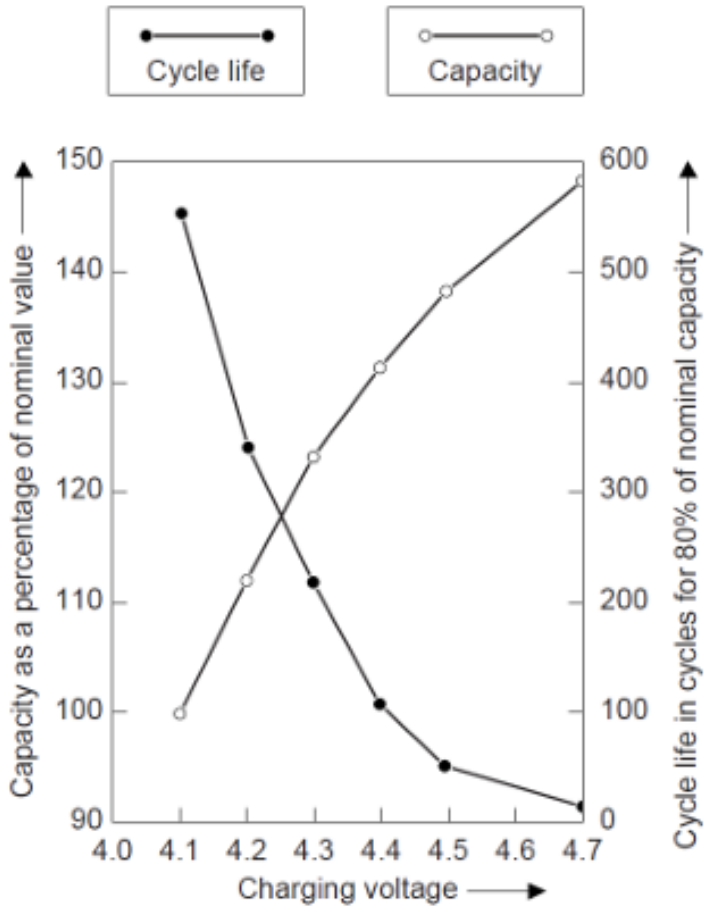
Cuando se utiliza una batería eléctrica en un ciclo determinado, si la capacidad real de la batería disminuye al 60% ~ 80% de la capacidad nominal, su vida útil generalmente llega a su fin. Para el tipo de energía del sistema de batería, no existe un estándar relevante sobre cuánto cuenta la reducción del rendimiento energético como terminación de la vida útil. La capacidad de energía generalmente se refleja en la resistencia interna de la batería. En la aplicación de vehículos eléctricos, la resistencia interna de la batería se utiliza principalmente para reflejar el SOH del sistema de batería (Feng, 2014). La atenuación de la energía de la batería se debe a muchas razones. El método de carga y descarga, la temperatura, DOD (profundidad de

descarga), SOC (estado de carga) y otros factores afectarán la atenuación del rendimiento de la batería de diferentes maneras.

Los diferentes procesos de carga y descarga del DOD dan como resultado diferentes ciclos de vida de la batería. Por ejemplo, cuando la batería está completamente cargada y descargada, el ciclo de vida es 1000 veces mayor. Aunque oscila entre el 40% y el 70% del SOC, se pueden alcanzar más de 20.000 ciclos. Es diferente que el DOD afecte la disminución de la vida útil de la batería debido a los diferentes tipos de batería. La Figura 8 muestra la capacidad máxima de la batería y el ciclo de vida en función del voltaje aplicado a la batería durante la carga (Deng, 2020).

Figura 8

Capacidad Máxima de la Batería de Iones de Litio y Ciclo de Vida en Función del Voltaje



Tomado de: https://scientificmarket.wordpress.com/2013/05/03/car-tires/

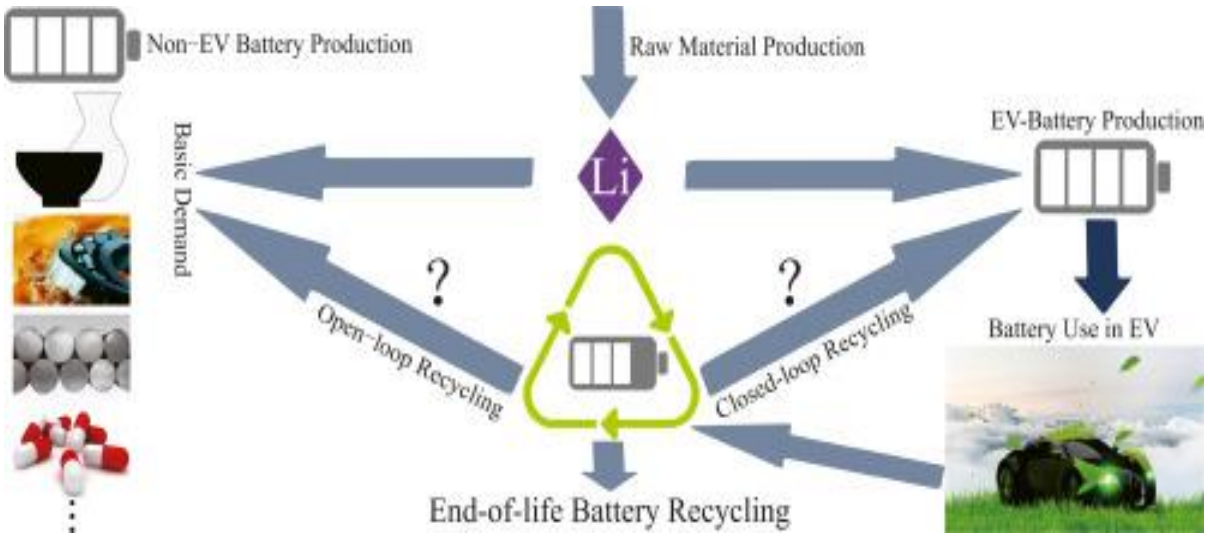
2.2.7 Fin de Vida Útil de la Batería

Con el desarrollo de la industria de los vehículos eléctricos, la cantidad de baterías eléctricas ha aumentado drásticamente. Establecer una red de reciclaje de baterías EOL (fin de vida útil) para uso secundario es una forma eficaz de resolver la escasez de recursos y la contaminación ambiental. Sin embargo, las redes existentes presentan un desafío debido a la alta incertidumbre de las baterías EOL, por ejemplo, cantidad y calidad, lo que resulta en una baja tasa de reciclaje de la red de recuperación (Deng, 2020).

No desechar rápidamente las baterías EOL conduce tanto al desperdicio de recursos como al daño ambiental. Por lo tanto, una red de recuperación eficaz de baterías EOL (Figura 9) es el factor clave para el desarrollo sostenible de la industria de los vehículos eléctricos.

Figura 9

Fin de Vida Útil de Batería para Vehículos Eléctricos



Tomado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720363658

En consecuencia, se prevé que una cantidad sustancial de baterías llegue al final de su vida útil (EOL) en la próxima década. Se prevé que el número de baterías de vehículos eléctricos al final de su vida útil se expanda a alrededor de 7,08 millones de toneladas, y que el mercado de reciclaje de baterías de vehículos eléctricos podría incluso superar los 100 mil millones de yuanes para 2030.

Además, las baterías de los vehículos eléctricos contienen metales como cobalto, níquel, manganeso y litio, que poseen un valor recuperable significativo. Si estos metales se hidrolizan, provocarán la acidificación del suelo y producirán toxinas y otras sustancias nocivas.

La falta de una definición universalmente aceptada para el fin de vida útil (EOL) de una batería, generalmente indicado por una disminución en el estado de salud (SOH) de la batería al 70%-80% de su capacidad inicial. Esta incertidumbre plantea desafíos a la hora de determinar cuándo una batería debe salir de su fase de uso principal y reutilizarse o reciclarse (Deng, 2020).

2.2.7 Criterios para Evaluar la Batería de un Vehículo Eléctrico

Existen dos criterios ampliamente reconocidos para evaluar la condición de una batería de vehículo eléctrico:

- Estado de Salud (SOH) - Este criterio indica la capacidad restante de la batería en comparación con su capacidad nominal, expresada como un porcentaje.
- Fin de Vida (EOL) - Este criterio señala el final de la vida útil de la batería y se determina según el número de ciclos de carga/descarga completados.

El SOH es crucial ya que proporciona información sobre la condición actual de la batería. Una disminución en el SOH generalmente resulta en una reducción en el rango de conducción del vehículo eléctrico después de una carga completa.

El criterio EOL indica que después de cierto número de ciclos de carga/descarga, la batería puede experimentar una disminución abrupta en su capacidad. Sin embargo, evaluar este parámetro en la práctica es difícil debido a la variabilidad en el modo de carga/descarga de la batería (Deng, 2020).

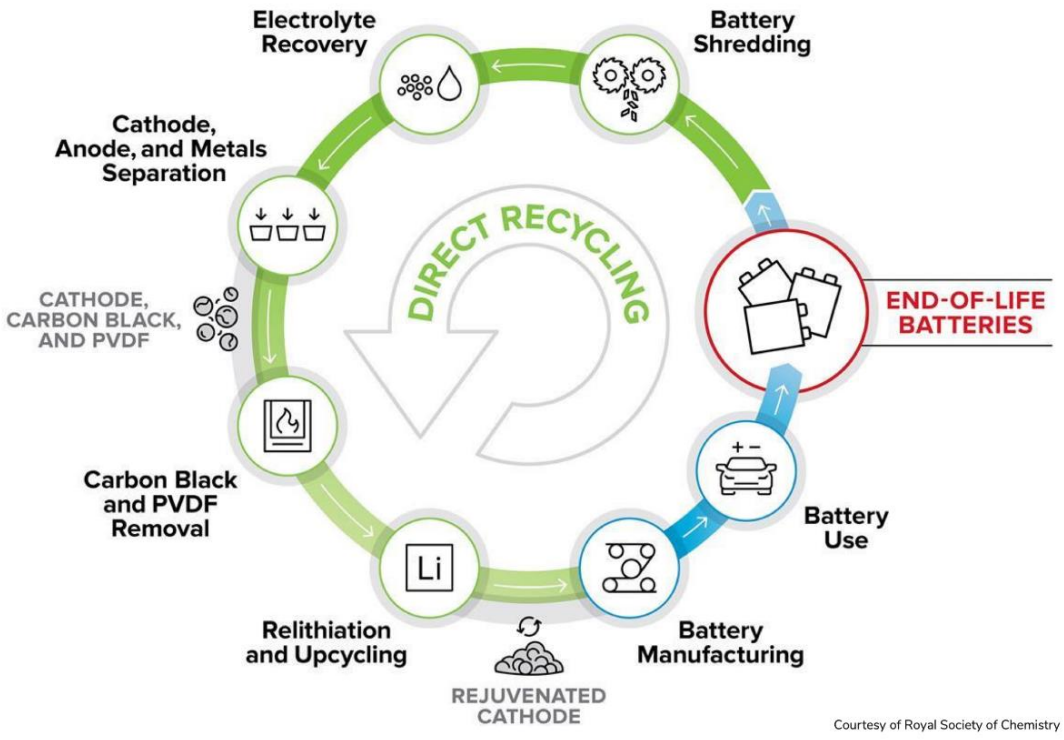
Se pide la estandarización de métodos para identificar y reportar SOH de baterías. Este enfoque agilizará el proceso de gestión de EOL, distinguiendo las baterías aptas para el reciclaje de aquellas aptas para un uso de segunda vida. Además, es importante definir la "reutilización" y la "remanufacturación" como estrategias clave para prolongar la vida útil de la batería y

reducir el desperdicio. También es importante la necesidad de métodos avanzados para estimar la SOH de la batería, crucial para determinar aplicaciones adecuadas de segunda vida (Figura 10).

El funcionamiento en un vehículo eléctrico es un entorno difícil para las baterías: normalmente pasan por más de 1000 ciclos de carga/descarga incompletos en 5 a 10 años 13 y están sujetas a un amplio rango de temperaturas entre -20 °C y 70 °C, 14 a gran profundidad. de descarga (DOD) y carga y descarga de alta velocidad (alta potencia). Cuando el paquete de baterías de un vehículo eléctrico deja de cumplir con el estándar de uso de los vehículos eléctricos, generalmente se retira del automóvil, lo que marca el final de su vida útil. Un criterio de retiro ampliamente utilizado fue introducido por primera vez por el Consorcio de Baterías Avanzadas de Estados Unidos (USABC) en 1996, que establece que el paquete de baterías debe reemplazarse cuando pierde el 20% de su capacidad original

Figura 10

Gestión del Final de Vida Útil de las Baterías de Vehículos Eléctricos



Tomado de: https://evmarketsreports.com/innovations-in-ev-battery-end-of-life-strategies/

Capítulo III

Verificación del Estado de la Batería de un Vehículo Eléctrico

Con el avance tecnológico y la creciente conciencia ambiental, los vehículos eléctricos (VE) se han convertido en una alternativa cada vez más popular a los vehículos con motor de combustión interna. Uno de los componentes más críticos en la operación de un vehículo eléctrico es su batería, la cual alimenta el motor eléctrico y determina en gran medida su rendimiento y autonomía.

La batería de un vehículo eléctrico no solo es responsable de almacenar y suministrar energía, sino que también juega un papel crucial en la seguridad y fiabilidad del vehículo. Por lo tanto, es esencial realizar una verificación periódica del estado de la batería para garantizar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil.

Existen diversos aspectos que deben tenerse en cuenta durante este proceso:

- Importancia de la verificación del estado de la batería: La batería es el corazón de un vehículo eléctrico y su rendimiento afecta directamente la experiencia del conductor. Una verificación regular del estado de la batería es crucial para garantizar la seguridad, fiabilidad y eficiencia del vehículo. Además, una batería en buen estado contribuye a maximizar la autonomía del vehículo y minimizar los tiempos de inactividad debido a problemas relacionados con la energía.
- Aspectos clave de la verificación: Durante la verificación del estado de la batería, se evalúan varios aspectos clave, que incluyen la capacidad de la batería, su salud general, el estado de carga, el equilibrio de celdas, la temperatura y el historial de carga y descarga. Cada uno de estos aspectos desempeña un papel importante en el rendimiento y la durabilidad de la batería, y su evaluación proporciona información valiosa sobre su estado actual y futuro.

- Tecnologías y herramientas de diagnóstico: Para llevar a cabo una verificación precisa del estado de la batería, se utilizan una variedad de tecnologías y herramientas de diagnóstico, que incluyen equipos especializados de prueba y análisis de datos. Estas herramientas permiten realizar mediciones precisas y proporcionan información detallada sobre el estado de la batería, lo que facilita la detección temprana de posibles problemas y la implementación de medidas correctivas adecuadas.

3.1 Estado de la Batería de un Vehículo Eléctrico

El estado de la batería de un vehículo eléctrico es fundamental para garantizar su rendimiento óptimo y la fiabilidad de la unidad de propulsión eléctrica. La verificación del estado de la batería implica evaluar varios aspectos clave, que pueden incluir:

- Capacidad de la batería: Se evalúa la capacidad de almacenamiento de energía de la batería para determinar si está dentro de los límites esperados. Esto se realiza mediante pruebas de descarga y carga, así como mediciones de capacidad utilizando equipos especializados.
- Estado de salud de la batería: Se analiza la salud general de la batería, lo que implica detectar posibles degradaciones, daños estructurales o anomalías que puedan afectar su rendimiento a largo plazo. Esto puede incluir inspecciones visuales, pruebas de resistencia interna y análisis de datos de rendimiento histórico.
- Estado de carga: Se verifica el nivel de carga actual de la batería para asegurarse de que esté dentro de los rangos operativos recomendados. Esto se puede hacer utilizando indicadores en el tablero del vehículo o mediante herramientas de diagnóstico conectadas a la unidad de gestión de la batería.
- Equilibrio de celdas: Se verifica que todas las celdas individuales de la batería estén funcionando de manera uniforme y que no haya desequilibrios significativos entre

ellas. Los desequilibrios pueden provocar una disminución del rendimiento y una vida útil reducida de la batería.

- Temperatura de la batería: Se monitoriza la temperatura de la batería para asegurarse de que esté dentro de los límites operativos seguros. Las temperaturas extremas pueden afectar negativamente tanto al rendimiento como a la vida útil de la batería.
- Historial de carga y descarga: Se analiza el historial de carga y descarga de la batería para identificar patrones de uso que puedan afectar su rendimiento y durabilidad. Esto puede incluir la frecuencia de cargas rápidas, ciclos de carga profunda y condiciones ambientales extremas.

La verificación del estado de la batería de un vehículo eléctrico es crucial para mantener su rendimiento óptimo, prolongar su vida útil y garantizar la seguridad del usuario. Se recomienda realizar estas verificaciones periódicamente, siguiendo las pautas y recomendaciones del fabricante del vehículo.

3.2 Pruebas en Baterías de Alta Tensión de un Vehículo Eléctrico

Al realizar pruebas efectivas en las baterías de alta tensión de un vehículo eléctrico se utiliza un escáner de diagnóstico, asegurando resultados precisos y manteniendo altos estándares de seguridad.

Se debe considerar lo siguiente:

- Monitoreo en Tiempo Real: Utilizar los datos proporcionados por el BMS para evaluar el SOH y prever el EOL (Figura 11).
- Historial de Códigos de Error: Analizar el historial de códigos de error y alertas del BMS.

3.2.1 Pruebas de Diagnóstico con el Escáner

Algunas pruebas se realizan utilizando un escáner de última generación.

- Conexión del Escáner de Diagnóstico.

Localizar el Puerto OBD-II: El puerto OBD-II generalmente se encuentra debajo del tablero, cerca de la columna de dirección.

Conectar el Escáner: Insertar el conector del escáner en el puerto OBD-II del vehículo.

Encender el Vehículo: Colocar la llave en la posición de encendido sin arrancar el motor (si aplica) o enciende el vehículo eléctrico según el procedimiento del fabricante.

- Acceder al Sistema de Gestión de Baterías (BMS).

Iniciar el Software de Diagnóstico: Abrir el software de diagnóstico en tu computadora portátil o dispositivo.

Seleccionar el Vehículo: Ingresar la marca, modelo y año del vehículo si el software lo requiere.

Seleccionar el Sistema BMS: Navegar a través del menú del software para seleccionar el sistema de gestión de baterías (BMS).

- Lectura de Datos del BMS.

Estado de Carga (SOC): Verificar el nivel actual de carga de la batería.

Estado de Salud (SOH): Consultar el porcentaje de salud de la batería en comparación con su estado original.

Voltaje de Celdas: Revisar los voltajes individuales de las celdas de la batería y del paquete completo.

Corriente de Carga/Descarga: Observar las corrientes durante los ciclos de carga y descarga.

Temperatura de las Celdas: Monitorear las temperaturas de las celdas y del paquete de baterías.

- Pruebas Específicas del BMS.

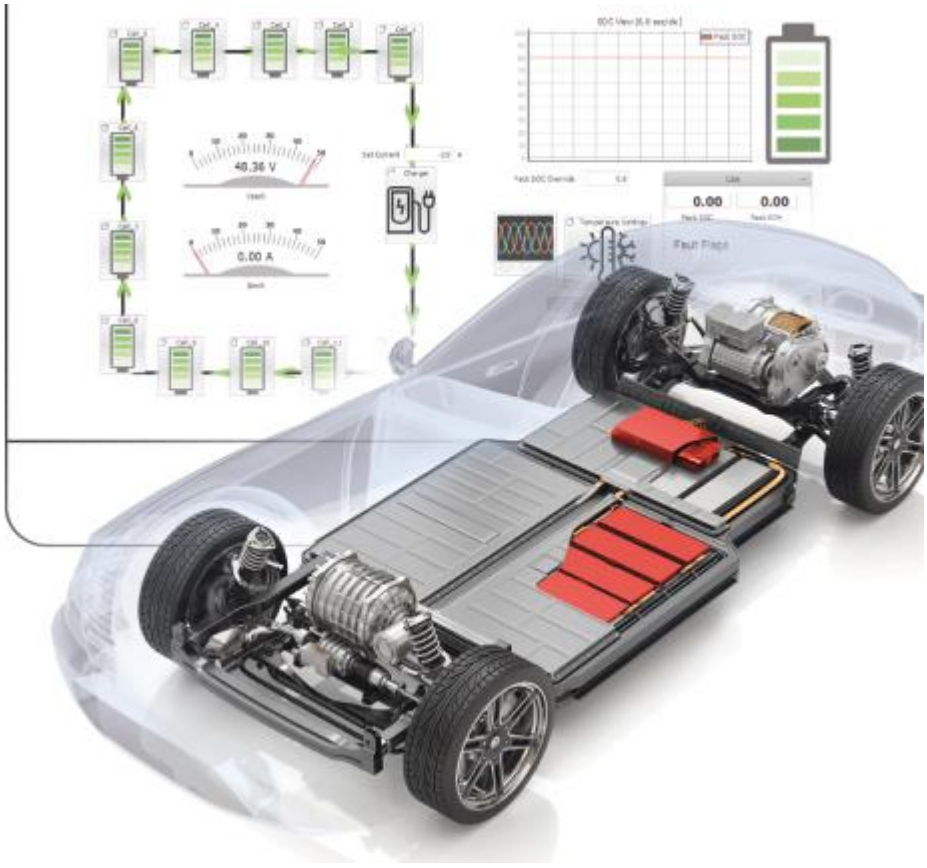
Balanceo de Celdas: Verificar si las celdas están equilibradas y si el sistema de balanceo está funcionando correctamente.

Resistencia Interna: Medir la resistencia interna de la batería y compararla con las especificaciones del fabricante.

Códigos de Error: Leer y registrar cualquier código de error que indique problemas específicos en la batería.

Figura 11

Pruebas en Baterías de Alta Tensión



Tomado de: https://www.typhoon-hil.com/webinar/bms-challenges-in-400-volt-and-800v-ev-architectures-powertrain-development-and-testing-using-hil/

3.3 Criterios para la Evaluación del Estado de Salud de las Baterías

A continuación, se describen algunos factores que influyen en el estado general de la batería de un vehículo eléctrico y que es esencial conocer:

- Comportamientos de carga: Es recomendable evitar cargar la batería con demasiada frecuencia, sobrepasar el voltaje recomendado o permitir que se descargue casi por completo, ya que estas prácticas contribuyen al desgaste de la batería. Para cargar adecuadamente una batería, es importante seguir ciertas pautas básicas y evitar agotar la batería por completo.
- Temperatura extrema: Las temperaturas extremadamente altas o bajas pueden dañar las baterías, acelerando su deterioro.
- Patrones de conducción: La aceleración rápida, las altas velocidades y las curvas cerradas imponen una carga adicional en la batería, acelerando su degradación. Adoptar una conducción ecológica puede prolongar la vida útil de la batería, lo cual es crucial para la transmisión y otros componentes del vehículo.
- Mantenimiento y cuidado de la batería: El mantenimiento adecuado de las baterías es esencial para mantener su eficiencia durante el mayor tiempo posible. Esto incluye la autodescarga adecuada, la correcta carga, la gestión de baterías de vehículos eléctricos, las actualizaciones de software y las revisiones del estado de la batería, que son cruciales para comprender el estado de la batería y pueden ayudar a detener su degradación en etapas tempranas.

3.4 Equipo para Verificación del Estado de las Baterías

El kit complementario de diagnóstico para paquetes de baterías Launch EV (Figura 12) está diseñado para mejorar las capacidades de los centros de servicio de vehículos eléctricos, proporcionando diagnósticos exhaustivos de los paquetes de baterías. Este kit permite a los técnicos acceder a datos críticos, facilitando el mantenimiento y reparación de vehículos eléctricos de manera eficiente.

Figura 12

Kit de Actualización de Diagnóstico LAUNCH X431 EV

Tomado de: https://unece.org/DAM/trans/doc/2014/wp29grb/GRB-60-14e-Rev.1.pdf

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.

- Especificaciones y Dimensiones

Métodos de diagnóstico: Conectores no estándar, cables de puente, OBD de 16 PIN.

Funcionalidad: Lectura rápida de información crítica de la batería.

- Características y Beneficios Clave

Permite un análisis detallado de los módulos de batería, SOC y SOH.

Transmite datos para una localización precisa de problemas y una mejora de la eficiencia.

Facilita el intercambio de informes de diagnóstico detallados mediante impresión o correo electrónico.

3.5 Metodología Aplicada

Para diagnosticar el estado de las baterías de un vehículo eléctrico Skywell E5 usando el EV Kit de Launch, primero conectar el EV Kit al puerto OBD-II del vehículo. Luego, encienda el vehículo y el EV Kit. A través del software proporcionado, seleccione la opción de diagnóstico de baterías. El kit recopila datos sobre el voltaje, corriente, temperatura, y estado de carga de cada celda de la batería. Asegurarse de que el vehículo esté en diferentes estados operativos (encendido, en marcha, y apagado) para obtener una evaluación completa. Analice los datos recopilados para identificar celdas defectuosas, desequilibrios en el voltaje o anomalías térmicas. Finalmente, genere un informe detallado que incluya las recomendaciones para el mantenimiento o reemplazo de la batería según los resultados obtenidos.

3.5.1 Métodos

El desarrollo de un proyecto de diagnóstico de sistemas de baterías de un vehículo eléctrico con un Kit de Diagnóstico Profesional de Launch implica una metodología estructurada para garantizar la precisión y eficacia en el proceso de diagnóstico.

3.5.2 Tipo de Estudio

El tipo de estudio del proyecto " Diagnóstico del Estado de Baterías de un Vehículo Eléctrico Usando el EV Kit de Launch" puede clasificarse como un estudio exploratorio y descriptivo.

3.5.3 Investigación Exploratoria

Este tipo de estudio se utiliza cuando el tema de investigación es relativamente nuevo o no está bien definido. En este caso, el diagnóstico de sistemas de baterías en vehículos eléctricos

con tecnología específica como el EV Kit de Launch puede considerarse novedoso y complejo. Un estudio exploratorio permite familiarizarse con el tema, identificar problemas potenciales y establecer las preguntas de investigación adecuadas.

3.5.4 Investigación Descriptiva

Este tipo de estudio se centra en describir las características de un fenómeno o situación particular. En este proyecto, el objetivo sería describir el diagnóstico del estado de baterías de un vehículo eléctrico usando el EV Kit de Launch. Esto incluiría la metodología utilizada, los procedimientos de diagnóstico, los parámetros evaluados y los resultados obtenidos. Además, el proyecto podría incluir elementos de estudio de caso, donde se analizan casos específicos de vehículos eléctricos y se describen detalladamente los procedimientos de diagnóstico.

Es importante tener en cuenta que la delimitación de contenidos y el tipo de estudio pueden variar según los objetivos específicos del proyecto y los recursos disponibles para llevar a cabo la investigación. Por lo tanto, es esencial definir claramente los objetivos, las preguntas de investigación y los límites del estudio al iniciar el proyecto.

3.5.5 Investigación Aplicada

La investigación aplicada busca resolver un problema práctico relacionado con el diagnóstico del estado de baterías en vehículos eléctricos, utilizando el EV Kit de Launch. En este caso, el objetivo es mejorar la metodología de diagnóstico del Sistema de Gestión de Baterías (BMS) para obtener una evaluación más precisa y efectiva del estado de la batería.

Problema Práctico: Existen desafíos en la precisión y efectividad de los métodos actuales para diagnosticar el estado de las baterías en vehículos eléctricos. El estudio pretende aplicar herramientas y técnicas específicas para abordar estos problemas y mejorar la gestión de la batería en el Skywell E5.

3.6 Resultados Esperados

- Mejora en el Diagnóstico: Se espera identificar y validar mejoras en la metodología de diagnóstico del estado de las baterías, lo que permitirá una evaluación más precisa y efectiva.
- Recomendaciones Prácticas: El estudio proporcionará recomendaciones prácticas para la implementación de técnicas de diagnóstico mejoradas, que podrán ser utilizadas por técnicos y profesionales en el campo de los vehículos eléctricos.
- Impacto en la Gestión de Baterías: La investigación contribuirá a una mejor comprensión y gestión del estado de las baterías en vehículos eléctricos, mejorando su rendimiento y durabilidad.

3.6.1 Vehículo Utilizado

El período de garantía de calidad es de 5 años, que se puede ampliar a 8 años. El vehículo individual ha completado las pruebas de prueba integral de carretera de 30.000 km y la prueba de bucle de alta temperatura de la batería y la capacidad de la batería se reduce en un 10%. La batería alcanza el nivel de capacidad de no menos del 75% después de 5000 veces de carga y descarga, lo que significa que la vida útil del vehículo puede llegar a los 8 años y resolver sus preocupaciones sobre la batería (Skywellcorp.com, 2024).

Diseñado con la magnificencia de las líneas modernas y propulsado por electricidad, el Skywell Et-5 ofrece una conducción segura y cómoda a pesar de las condiciones más difíciles. Con una potencia máxima del motor de 150 kW, el moderno eSUV se puede cargar rápidamente en 30 minutos. El Skywell Et-5, que combina un equipamiento superior con un confort superior y exhibe una postura respetuosa con el medio ambiente al ser totalmente eléctrico, contiene una batería de alta capacidad y larga duración. El vehículo, que deslumbra por su rendimiento superior, tiene una autonomía de 520 km (Skywell-europe.com, 2024)

Las especificaciones detalladas de este vehículo se presentan en la Tabla 2 para su referencia.

Tabla 1

Datos del Vehículo

Datos	Especificaciones
• Marca	• Skywell
• Modelo	• ET5
• Año	• 2022
• Clase del vehículo	• SUV Eléctrico
• Tipo de Batería	• Litio
• Garantía de la batería	• <50000 kilómetros
• Tiempo de carga rápida (h)	• ≤1h
• Tiempo de carga lenta (h)	• ≤6h
• NEDC Máx. Rango	• 401 ~ 520 kilometros
• Energía de la batería (kWh)	• ≥110kWh
• Potencia total del motor (kW)	• 100-150Kw
• Par motor total (Nm)	• 100-200Nm
• Caballos de fuerza totales (Ps)	• 100-150Ps

Para llevar a cabo un diagnóstico del estado de las baterías de un vehículo eléctrico Skywell E5 usando el EV Kit de Launch, se puede seguir una metodología experimental detallada (Figura 13).

Figura 13

Metodología Experimental Detallada

Capítulo IV

Proceso de Diagnóstico de las Baterías de un Vehículo Eléctrico

4.1 Descripción

Un diagnóstico eficaz de la batería no solo beneficia a los propietarios de vehículos eléctricos, sino que también tiene un impacto significativo en la gestión de la garantía y el servicio. Los informes precisos y detallados sobre el estado de la batería proporcionan documentación valiosa para las reclamaciones de garantía y los registros de servicio. Esta información ayuda a los gerentes de servicio a realizar un seguimiento del rendimiento de la batería, identificar posibles problemas de garantía y garantizar el cumplimiento de las pautas del OEM.

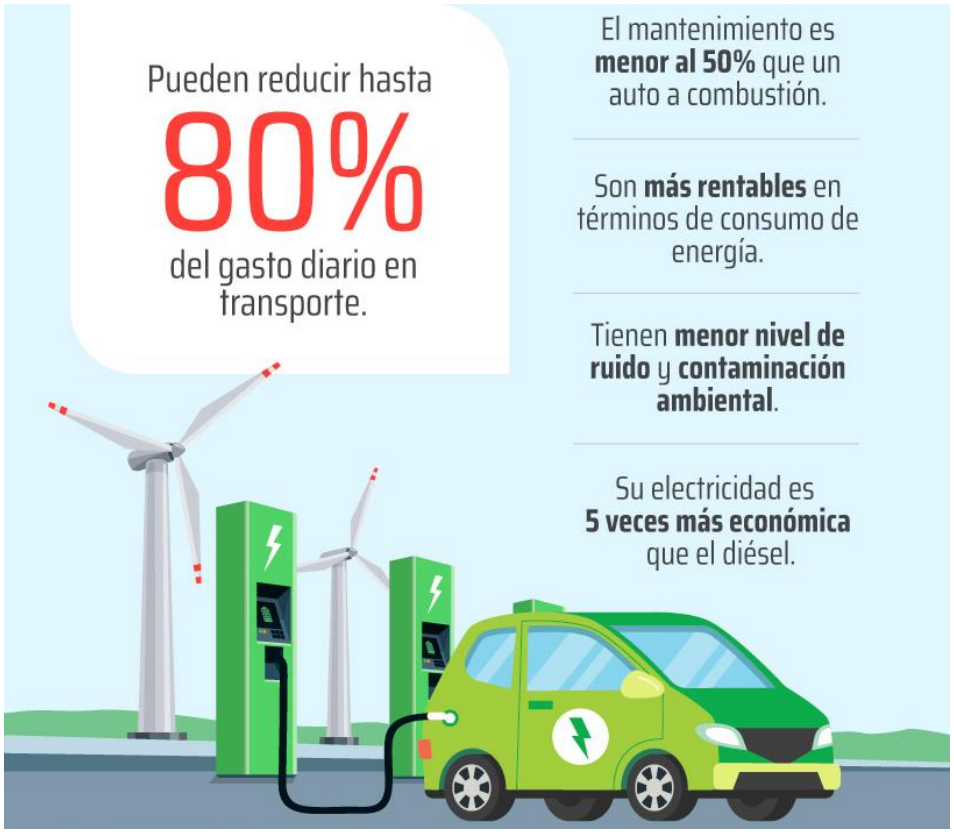
Al implementar un programa integral de diagnóstico de baterías, los proveedores de servicios pueden optimizar sus operaciones y brindar servicios más eficientes y efectivos a los propietarios de vehículos eléctricos. También puede ahorrarle al fabricante reclamos de garantía, al abordar los problemas antes de que se traduzcan en un reemplazo sumamente costoso. Además, los concesionarios pueden evitar demoras en los pagos de reclamos de garantía al tener toda la documentación de respaldo para el diagnóstico adjunta a la orden de trabajo.

Un diagnóstico eficaz de las baterías no solo contribuye a la longevidad y el rendimiento de las baterías de los vehículos eléctricos, sino que también tiene importantes beneficios ambientales y económicos. Al identificar y resolver los problemas de las baterías con prontitud, se evitan los reemplazos innecesarios de las baterías, lo que reduce los desechos electrónicos.

Los costos actuales de obtención de materias primas y fabricación de una batería de vehículo eléctrico son asombrosos, y ayudar a evitar un reemplazo prematuro puede tener un impacto significativo en el medio ambiente (Figura 14).

Figura 14

Beneficios de los Autos Eléctricos



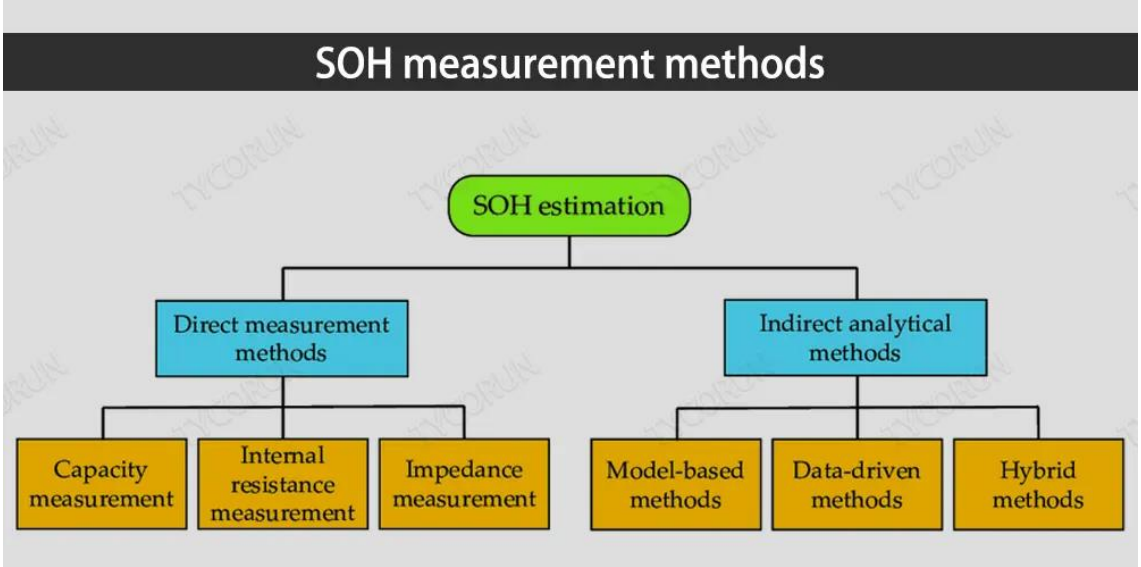
Tomado de: https://especial.elcomercio.pe/perusostenible

4.2 Razones para Detectar SOH en la Batería

- Cuando la resistencia interna aumenta después de que la batería envejece, se generará más calor y provocará una fuga térmica o una falla de la batería con mayor facilidad.
- El estado de salud indica el nivel de salud actual de la batería.
- Las leyes de disminución de las diferentes baterías son inconsistentes.
- El SOH en la batería es la base para estimar el kilometraje de los vehículos eléctricos, también es un parámetro importante para ayudar a corregir y mejorar la precisión de la estimación del SOC y es la base para el mantenimiento predictivo.
- Existen algunos métodos para determinar el SOH (Figura 15).

Figura 15

Determinación del SOH



Tomado de: https://batteryswapcabinet.com/SOH-in-battery/

4.3 Procedimiento Experimental Detallado

4.3.1 Preparación del Equipamiento y del Vehículo

- EV Kit de Launch: Asegurar de tener el kit completo, incluyendo cables, conectores y el software necesario (Figura 16).
- Skywell E5: Verificar que el vehículo esté en condiciones adecuadas para la prueba y completamente cargado.
- Lugar de Trabajo: Asegurar de tener un lugar seguro y adecuado para realizar el diagnóstico, con suficiente espacio y ventilación.

4.3.2 Instalación del Software

- Software del EV Kit: Instalar el software proporcionado con el EV Kit de Launch en el Launch PAD VII (Figuras 17 y 18).
- Actualizaciones: Asegurar de que el software y el firmware del EV Kit estén actualizados a la última versión disponible (Figura 19).

Figura 16

Instalación del Software

Figura 17

Instalación del Software-Acceso a Mall

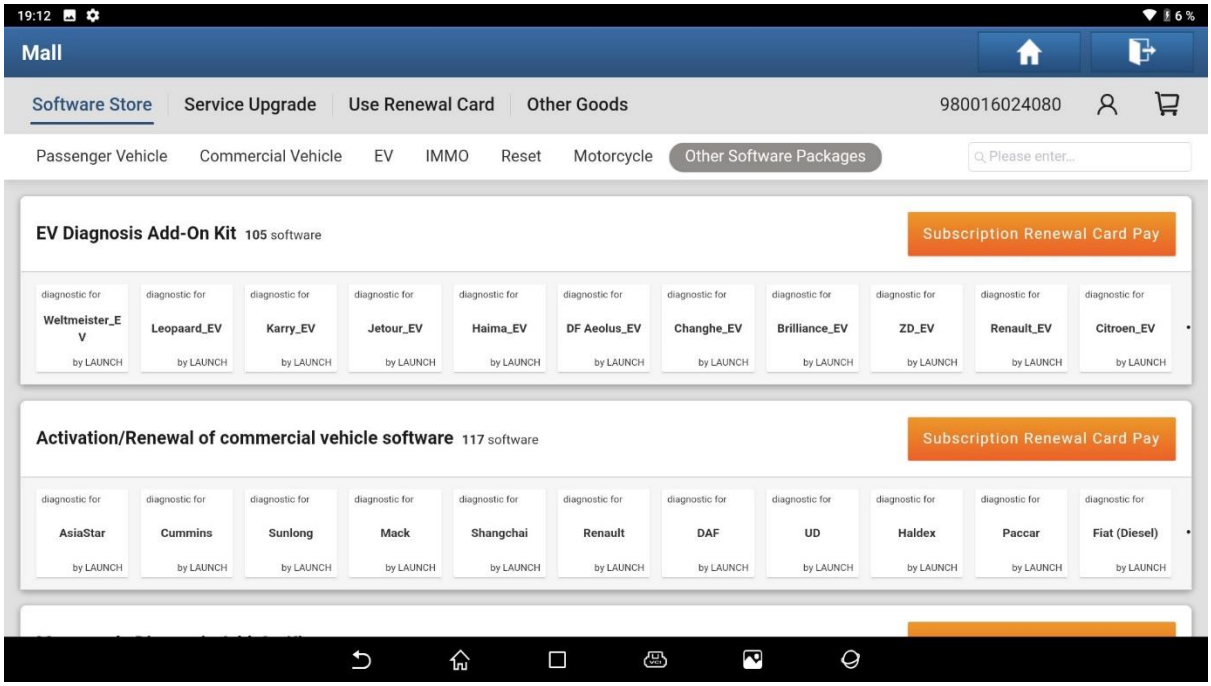


Figura 18

Instalación del Software-Versión del Modelo

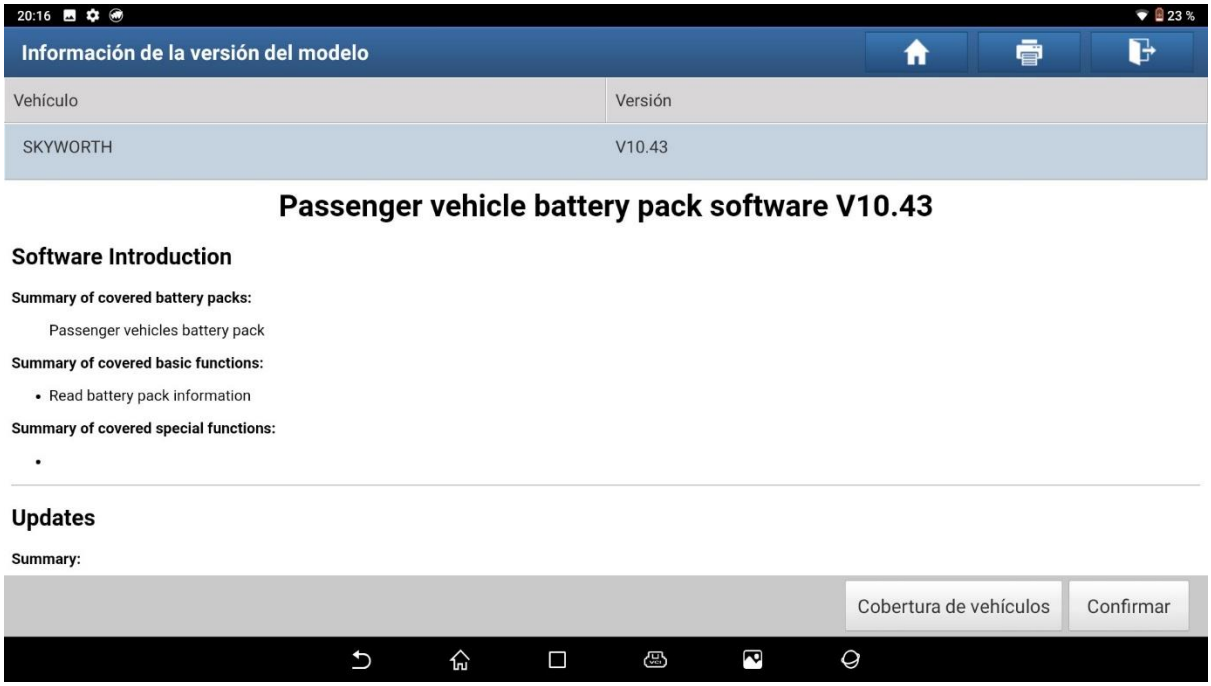
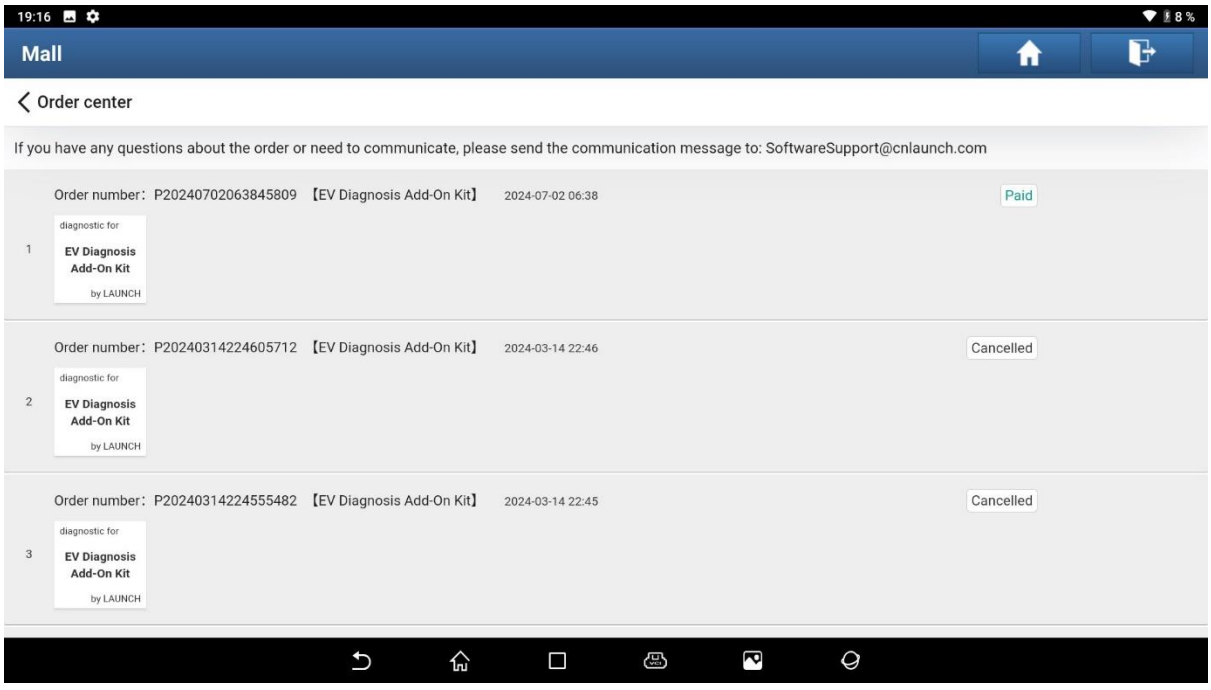


Figura 19

Instalación del Software-Verificación Final



4.3.3 Activación del Software

- Renovación de suscripción: Pulsar pagar con tarjeta de renovación de suscripción, introduzca la contraseña de 24 dígitos y pulse Confirmar para activarla. Consulte las Figuras 20 y 21.
- Una vez que se haya activado correctamente, acceder a Actualización de software para descargar e instalar el software de diagnóstico de la batería. Consulte la Figura 22.

Figura 20

Activación de la Tarjeta

Figura 21

Activación de la Suscripción de la Tarjeta

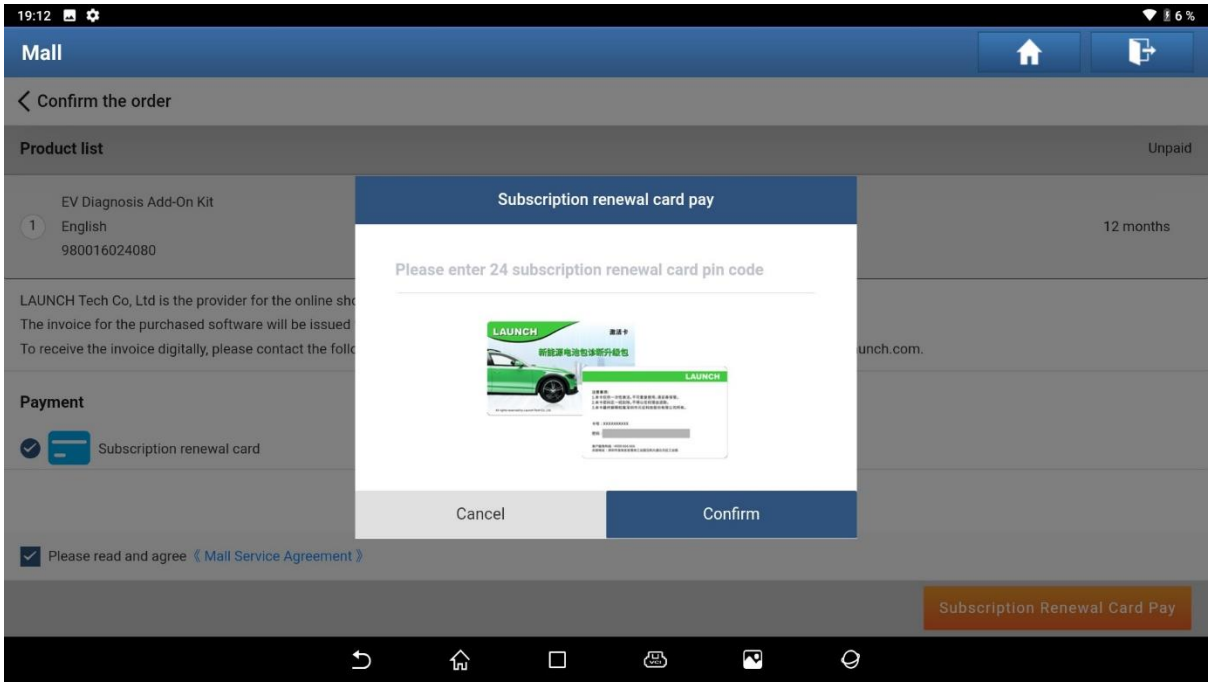
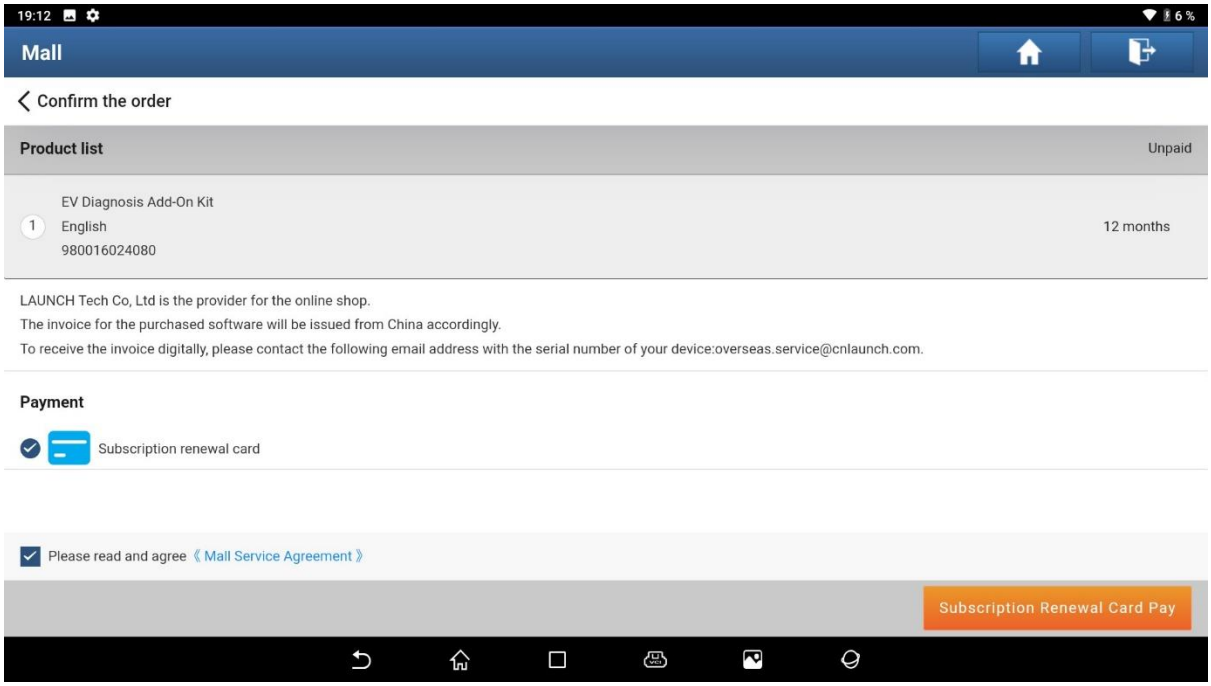


Figura 22

Instalación del Software de Diagnóstico de la Batería



4.3.4 Conexión del EV Kit al Vehículo

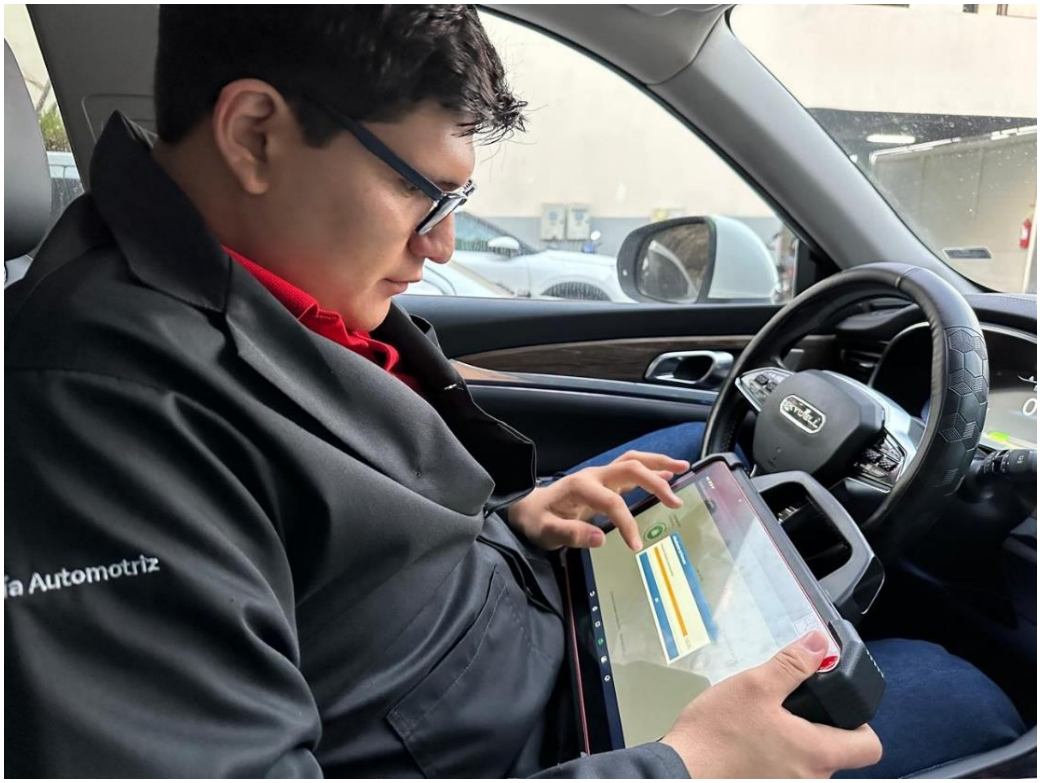
- Ubicación del Puerto OBD-II: Localizar el puerto de diagnóstico OBD-II en el Skywell E5 (Figura 23).
- Conexión del EV Kit: Conectar el EV Kit al puerto OBD-II del vehículo.
- Tipo de Kit: EV Diagnosis Add-On Kit es un kit de adaptadores y un software adicional con una tarjeta de activación, está destinado para comprobar y diagnosticar baterías en vehículos eléctricos.
- Encendido del Vehículo: Encender el Skywell E5 para permitir la comunicación entre el vehículo y el kit de diagnóstico (Figura 24).

Figura 23

Localización del Puerto de Diagnóstico OBD-II

Figura 24

Comunicación entre el Vehículo y el Kit de Diagnóstico



4.3.5 Realización del Diagnóstico

- Inicialización del Software: Abrir el software del EV Kit y seleccionar el modelo Skywell E5 (Figura 25).
- Lectura de Datos: Utilizar el software para leer los datos de la batería (Figura 26), incluyendo voltajes, corrientes, temperaturas, y estado de carga (SOC).
- Registro de Datos: Registrar todos los datos relevantes para análisis posterior. Admite varios métodos de diagnóstico de la batería: diagnóstico con conexión por adaptador, a través de puerto OBD y por un cable de conexión. Muestra la información de batería, como la cantidad de módulos de batería, estado de carga, estado de la batería, temperatura, voltaje de celdas individuales y temperatura de cada módulo, y también otra información útil. Muestra flujo de datos de batería que ayuda a identificar averías y mejorar la eficiencia de la reparación.

Figura 25

Selección del Modo de Diagnóstico EV

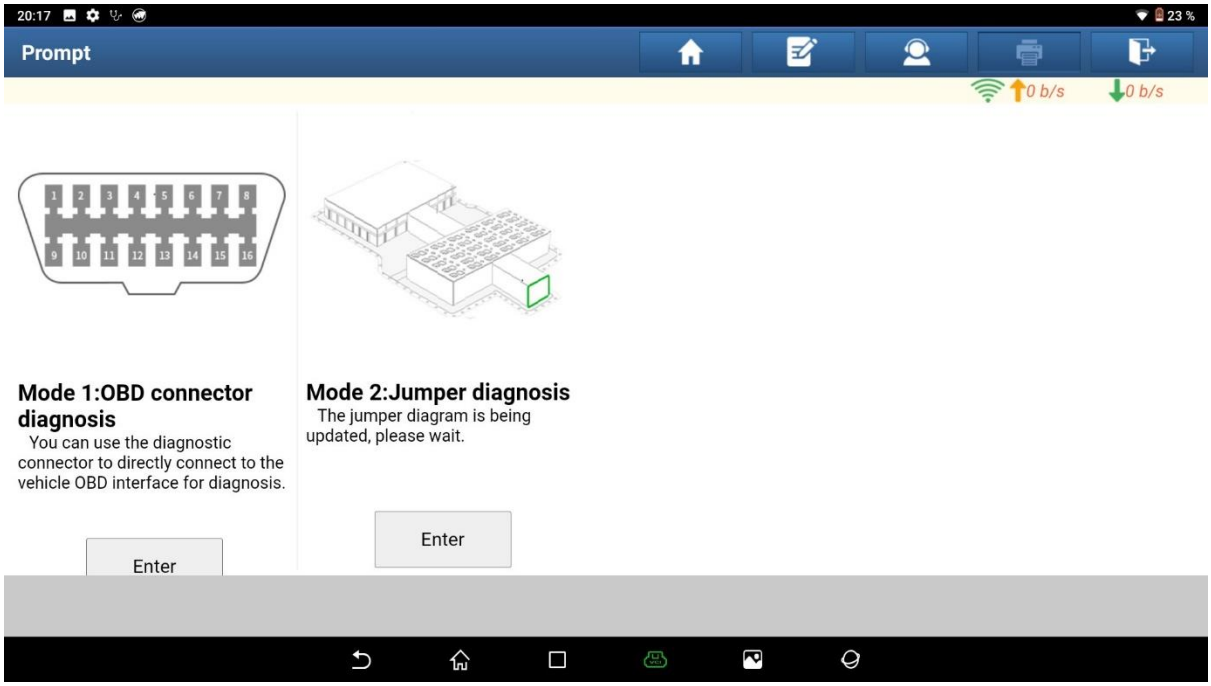
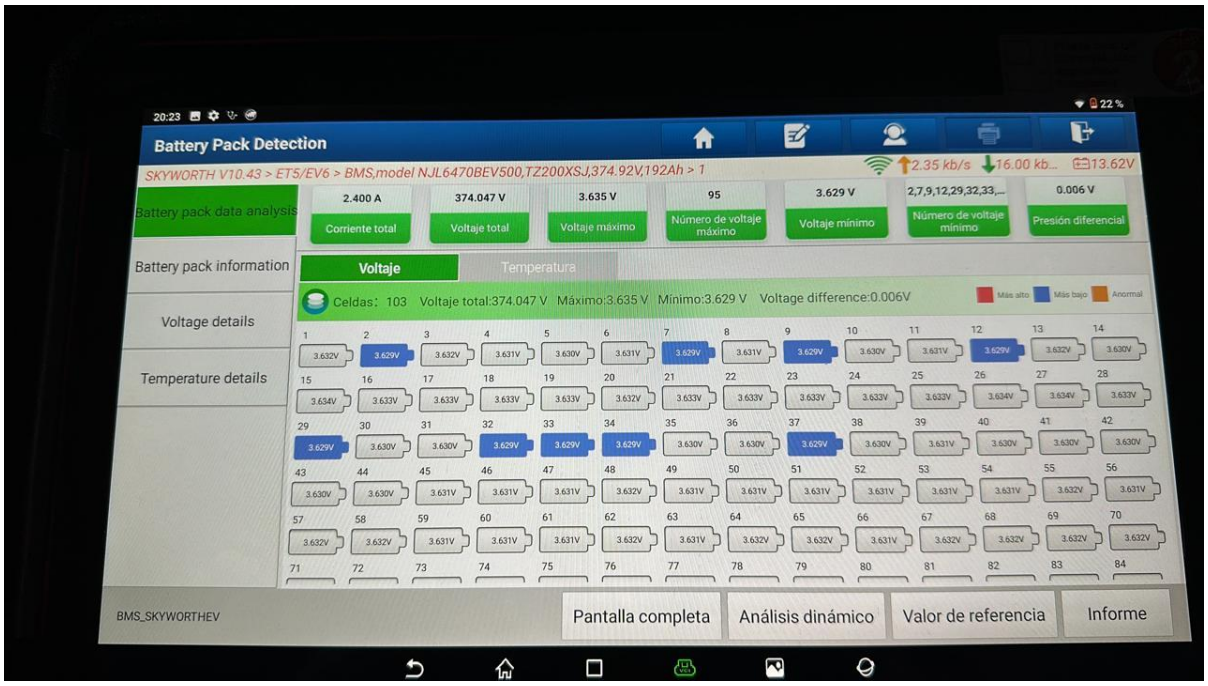


Figura 26

Lectura de Datos



- Se puede imprimir el informe de diagnóstico y enviar por correo electrónico (figura 27).

Figura 27

Informe de Lectura de Datos

4.3.6 Análisis de Datos

- Evaluación del SOC: Analizar el estado de carga actual de la batería y compararlo con los valores esperados (Figuras 28 y 29).
- Voltajes de Celdas: Revisar los voltajes individuales de cada celda para identificar cualquier desequilibrio.
- Voltaje de celdas individuales es de aproximadamente de 3,8 V.
- Temperaturas de Batería: Asegurar que las temperaturas estén dentro de los rangos operativos seguros.
- Temperatura de cada módulo entre 28 y 30 °C.
- Corrientes de Carga/Descarga: Evaluar las corrientes durante las fases de carga y descarga para detectar posibles problemas.

Figura 28

Análisis de Datos del Paquete de Baterías

Figura 29

Análisis de Datos de las 103 Celdas de la Batería

4.3.7 Identificación de Fallos

- Voltaje y Corriente Total: Verificar que estén dentro de los valores especificados por el fabricante (Figura 30).
- Detalles de Voltaje: Verificar los valores de voltaje (Figura 31) y el valor de referencia de voltaje según el tipo de batería (Figura 32)
- Celdas Defectuosas: Identificar cualquier celda que muestre voltajes anómalos o temperaturas fuera de rango, según la coloración indicada (Figura 33).
- Problemas de Equilibrio: Detectar si hay celdas que no están equilibradas correctamente.
- Rendimiento General: Evaluar el rendimiento general de la batería comparándolo con los estándares de fábrica o especificaciones del fabricante.

Figura 30

Información del Paquete de Baterías-Voltaje y Corriente

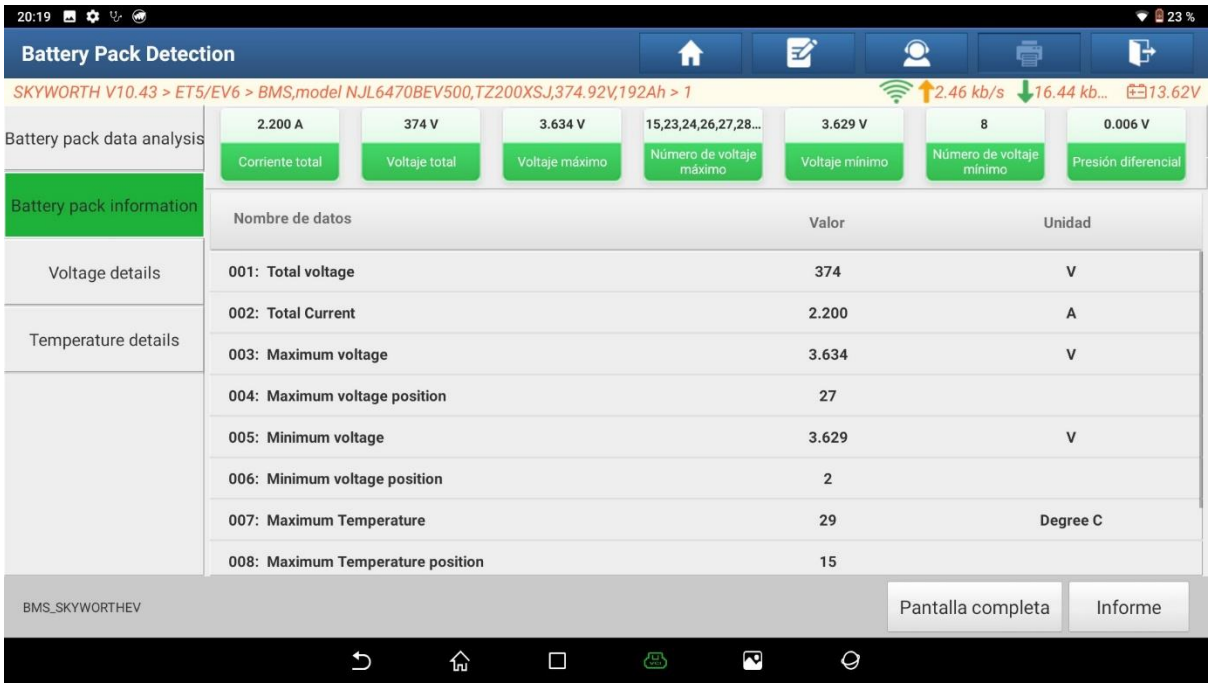


Figura 31

Datos de los Voltajes

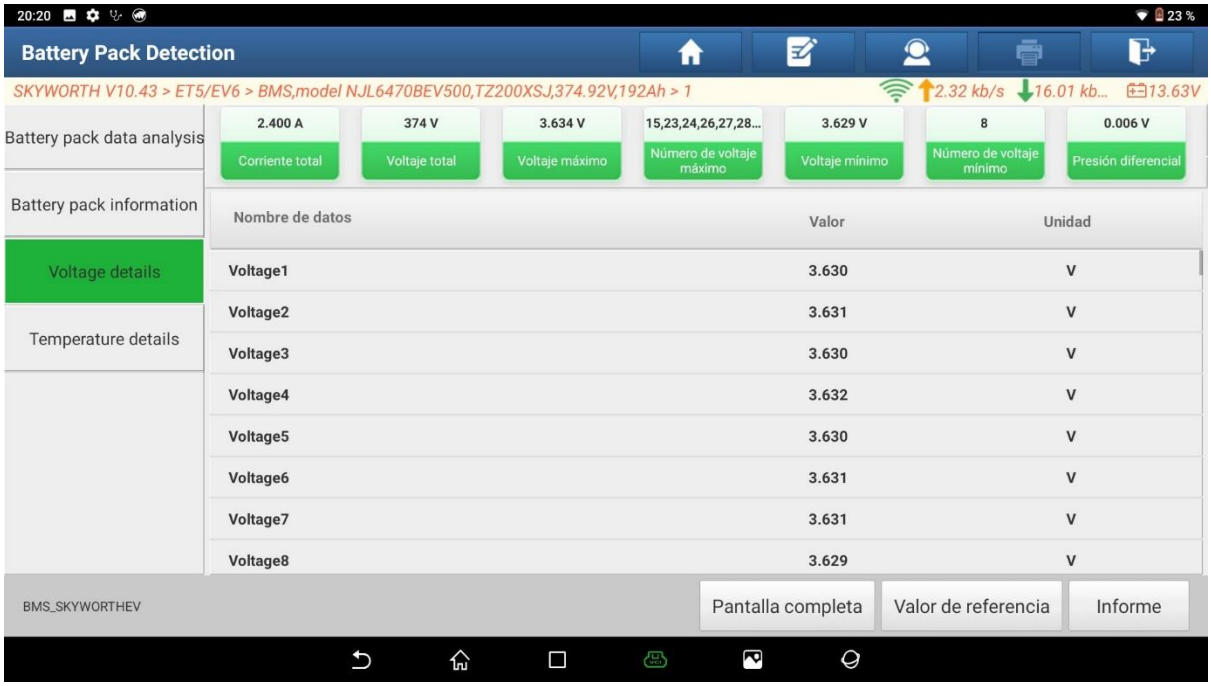


Figura 32

Valor de Referencia de Voltaje

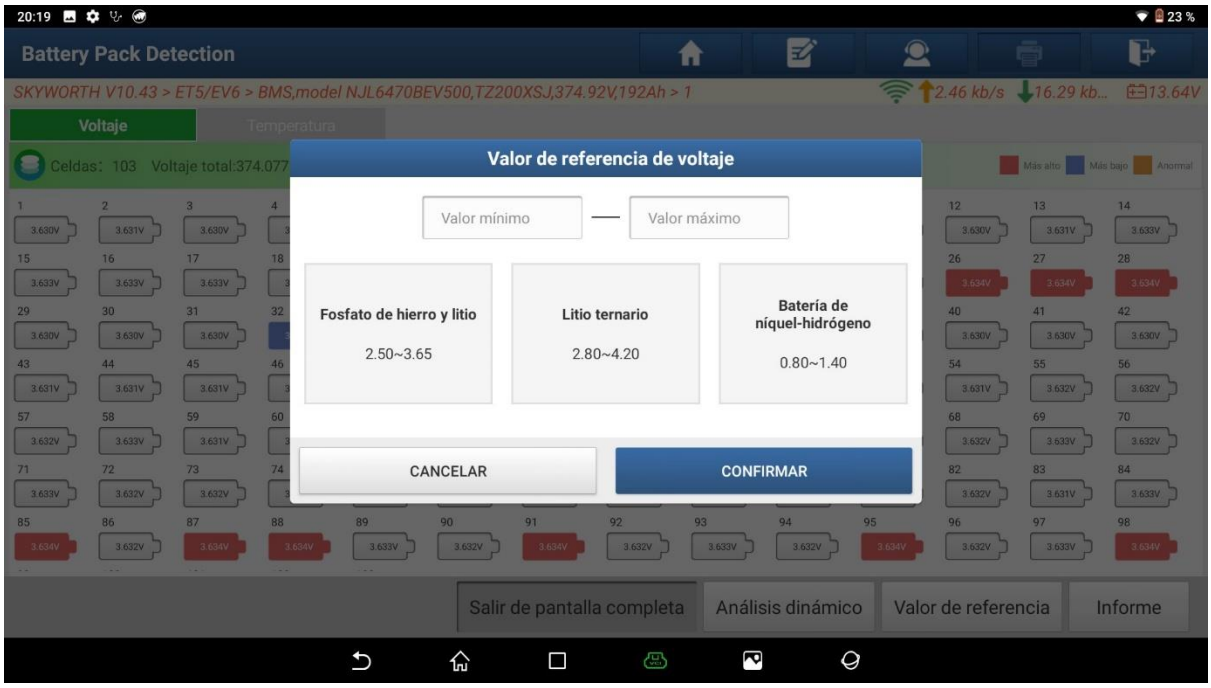
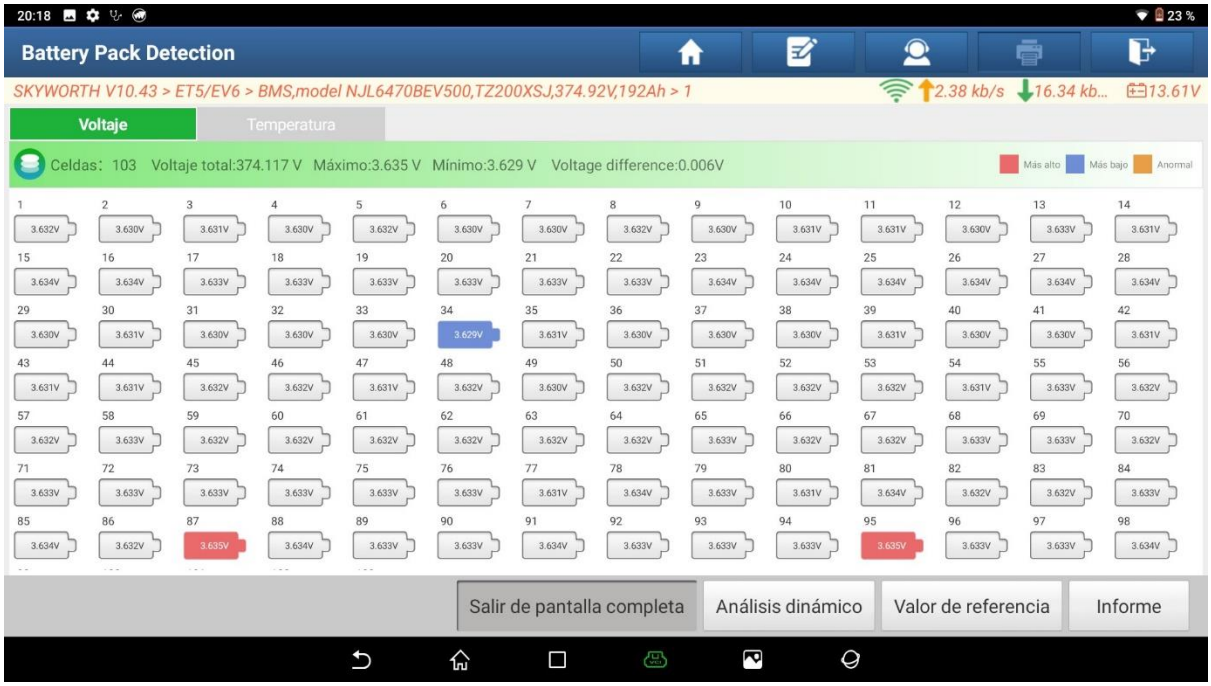


Figura 33

Verificación de Valor de Voltaje



- Detalles de Temperatura: Verificar los valores de temperatura y el valor de referencia de temperatura según el tipo de batería (Figuras 34, 35 y 36)
- Celdas Defectuosas: Identificar cualquier celda que muestre temperaturas fuera de rango.

Figura 34

Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 1-8

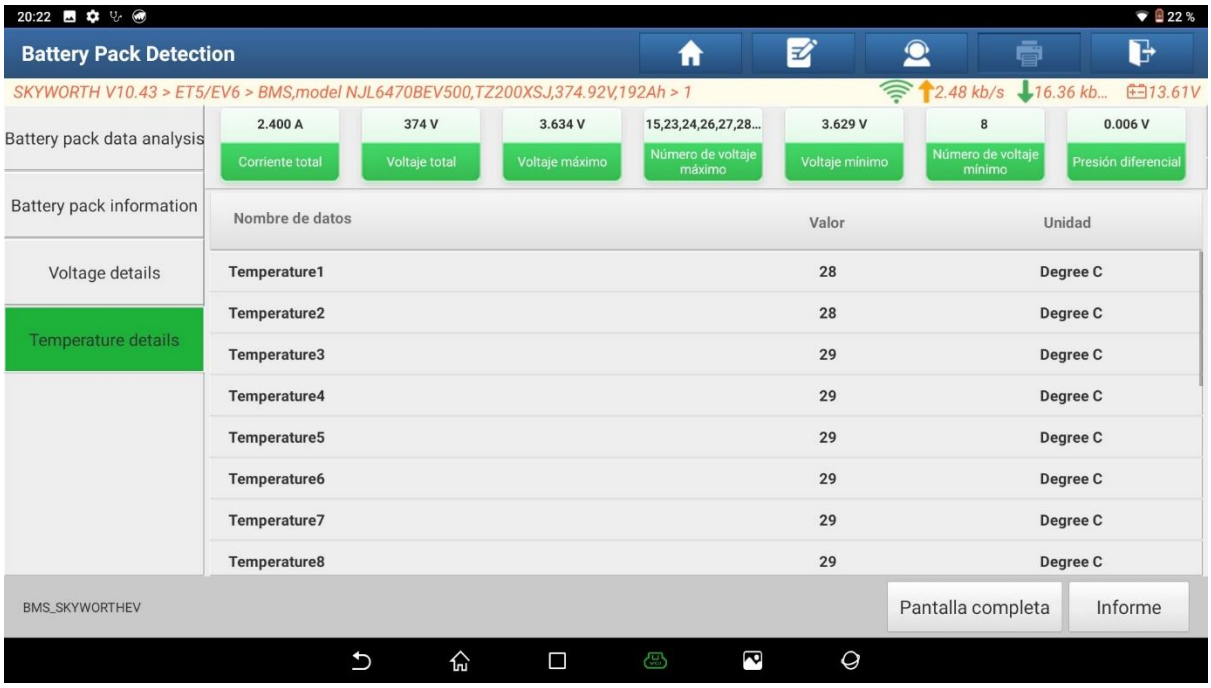


Figura 35

Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 9-16

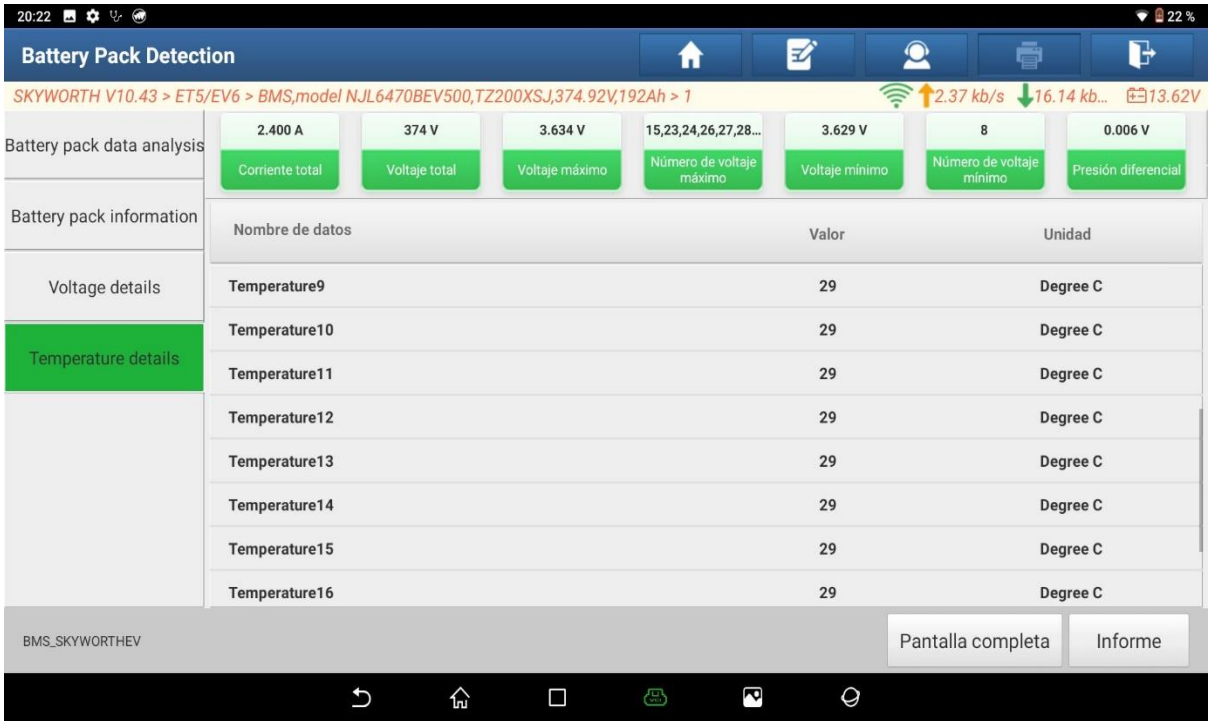
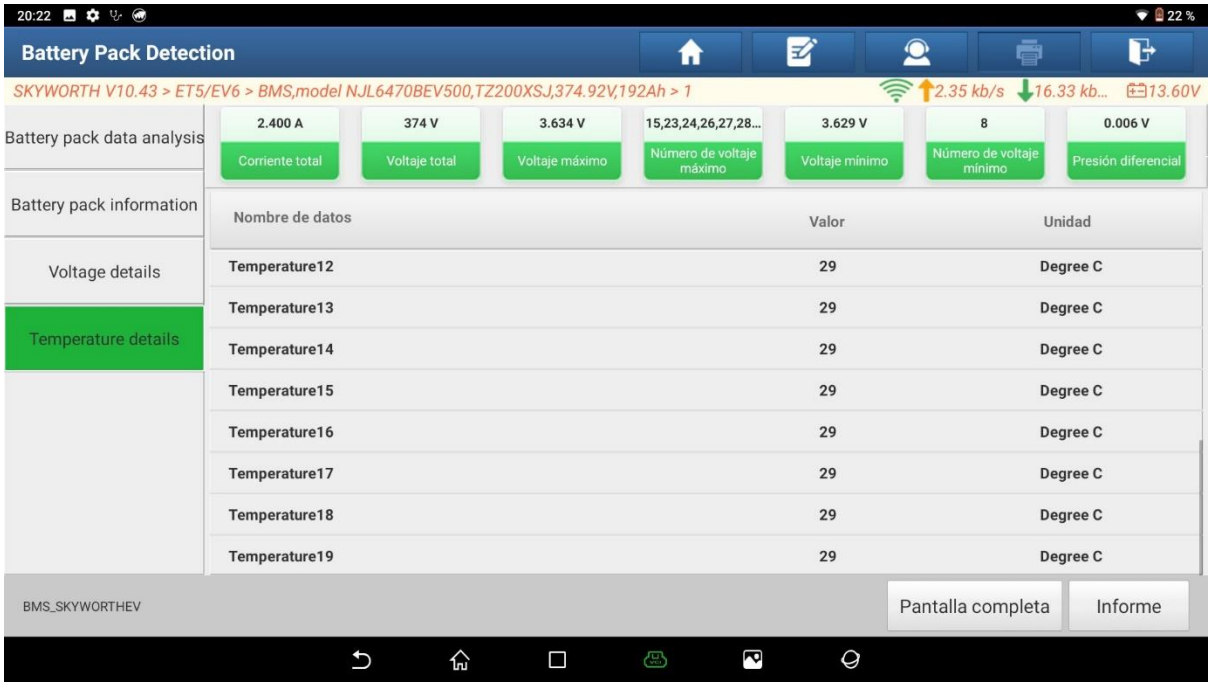


Figura 36

Información del Paquete de Baterías-Temperaturas 12-19



4.3.8 Documentación y Reporte

- Registro de Resultados: Documentar todos los resultados del diagnóstico de manera detallada.
- Reporte de Condición: Elaborar un reporte sobre el estado general de la batería, destacando cualquier problema identificado y recomendaciones para su solución.
- Recomendaciones: Proporcionar recomendaciones para mantenimiento o reemplazo de componentes si es necesario.

4.3.9 Desconexión y Finalización

- Desconexión Segura: Apagar el vehículo y desconecta el EV Kit de Launch del puerto OBD-II.
- Almacenamiento de Datos: Guardar los datos y reportes generados en un lugar seguro para futuras referencias.

4.3.10 Consideraciones Adicionales

- Seguridad: Siempre seguir las medidas de seguridad recomendadas cuando se trabaje con equipos eléctricos y baterías de alta tensión.
- Actualización de Conocimientos: Mantenerse al día con las últimas técnicas y herramientas de diagnóstico para vehículos eléctricos.
- Consultas a Expertos: Si se encuentra problemas complejos, se considera consultar a expertos o al fabricante del vehículo para obtener asistencia adicional.

Siguiendo esta metodología, se puede realizar un diagnóstico exhaustivo del estado de las baterías del Skywell E5 utilizando el EV Kit de Launch.

Conclusiones

En primer lugar, la investigación sobre los diferentes equipos de diagnóstico profesionales utilizados en la verificación del estado de la batería de un vehículo eléctrico revela una variedad de herramientas especializadas diseñadas para medir parámetros críticos como el voltaje, la resistencia interna, la temperatura y el estado de carga (SOC) de las celdas individuales. Equipos como el EV Kit de Launch, el CANalyzer y sistemas de diagnóstico específicos de los fabricantes proporcionan datos precisos y detallados que son fundamentales para evaluar la condición de las baterías. Estas herramientas no solo facilitan la detección de problemas potenciales antes de que causen fallos mayores, sino que también permiten un monitoreo continuo que es esencial para el mantenimiento preventivo y la optimización del rendimiento de la batería a lo largo del tiempo.

En segundo lugar, los criterios para la evaluación del estado de salud (SOH) y el fin de vida (EOL) de las baterías en vehículos eléctricos son multifacéticos e incluyen la capacidad de retención de carga, la eficiencia energética y el número de ciclos de carga y descarga completados. La degradación de las celdas puede ser evaluada mediante la comparación de los valores actuales con las especificaciones de fábrica, permitiendo la identificación de celdas que no cumplen con los estándares operativos. Además, el análisis de la resistencia interna y el equilibrio de voltajes entre celdas son indicadores críticos del desgaste de la batería. Establecer umbrales claros para el SOH y el EOL es crucial para la planificación de la sustitución de baterías, asegurando que los vehículos mantengan un rendimiento óptimo y evitando riesgos de fallos inesperados.

Finalmente, el proceso de diagnóstico de las baterías de un vehículo eléctrico se describe mejor mediante guías prácticas que detallan los pasos a seguir, desde la preparación del equipo y la conexión de las herramientas de diagnóstico hasta la interpretación de los datos y la identificación de fallos. Estas guías proporcionan instrucciones claras para la realización de

pruebas específicas, como la medición del voltaje de celdas individuales, la evaluación de la resistencia interna y la realización de ciclos de carga y descarga controlados. Al seguir estos procedimientos estandarizados, los técnicos pueden asegurar una evaluación precisa y consistente del estado de la batería, facilitando la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y la gestión de la batería, y contribuyendo al desarrollo de prácticas de mantenimiento más eficientes y efectivas para los vehículos eléctricos.

Recomendaciones

Investigar artículos académicos, patentes, manuales técnicos y documentación de fabricantes sobre equipos de diagnóstico de baterías.

Realizar un análisis de ciclo de vida (LCA) para comprender cómo diferentes factores, como el número de ciclos de carga, la temperatura de operación y las condiciones de uso, afectan el estado de salud de las baterías.

Asegurar de incluir protocolos de seguridad en las guías prácticas para proteger a los técnicos de posibles riesgos eléctricos y químicos.

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).

Camacás Tenganán, J. O. (2020). Implementación de un dispositivo de diagnóstico para módulos de batería de vehículos híbridos y eléctricos (Bachelor's thesis).

Choudhary, A., Fatima, S., & Panigrahi, B. K. (2022). State of the art technologies in fault diagnosis of electric vehicles: A component-based review. IEEE Transactions on Transportation Electrification.

Deng, J., Bae, C., Denlinger, A., & Miller, T. (2020). Electric vehicles batteries: requirements and challenges. Joule, 4(3), 511-515.

Denton, T. (2020). Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil.: Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos. Marcombo.

De Gennaro, M., Paffumi, E., Martini, G., Manfredi, U., Vianelli, S., Ortenzi, F., & Genovese, A. (2015). Experimental test campaign on a battery electric vehicle: laboratory test results (Part 1). SAE International Journal of Alternative Powertrains, 4(1), 100-114.

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., ... & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. nature, 575(7781), 75-86.

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.

Małek, A., & Toccani, R. (2021). Innovative approach to electric vehicle diagnostics. Archiwum Motoryzacji, 92(2), 49-67.

Maurad Yubi, J. C., & Armijos Illescas, E. M. (2018). Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV (Bachelor's thesis).

Peña Ordóñez, C. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos (Bachelor's thesis).

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.

Ruiz, V., Pfrang, A., Kriston, A., Omar, N., Van den Bossche, P., & Boon-Brett, L. (2018). A review of international abuse testing standards and regulations for lithium-ion batteries in electric and hybrid electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 1427- 1452.

Sujitha, N., & Krithiga, S. (2017). RES based EV battery charging system: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 978-988.

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.

Xiong, R., Sun, W., Yu, Q., & Sun, F. (2020). Research progress, challenges and prospects of fault diagnosis on battery system of electric vehicles. Applied Energy, 279, 115855.

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.

Young, K., Wang, C., Wang, L. Y., & Strunz, K. (2012). Electric vehicle battery technologies. In Electric vehicle integration into modern power networks (pp. 15-56). New York, NY: Springer New York.