

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 7 · Número 1 · Junio 2025 · Publicación semestral



**ANÁLISIS DE LOS
BENEFICIOS AL
REALIZAR
MANTENIMIENTOS
PREVENTIVOS EN
BATERÍAS DE ALTO
VOLTAJE DE
VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

ANALYSIS OF THE BENEFITS OF PERFORMING PREVENTIVE MAINTENANCE ON HIGH-VOLTAGE BATTERIES OF HYBRID VEHICLES

ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS AL REALIZAR MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS EN BATERÍAS DE ALTO VOLTAJE DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Eduardo Francisco Ávila Salazar¹[0000-0003-4235-9604], José Andrés Beltrán Ruiz²[0000-0003-4235-9604], Ángel Martín García Tulcán³[0000-0003-4235-9604], Stiven Edgar Suarez Santillán⁴[0000-0003-4235-9604]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: eavila@istct.edu.ec

² Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: segundoautor@istct.edu.ec

³ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: amgarciatulca@istct.edu.ec

⁴ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: sesuarezsantillan@istct.edu.ec

Recibido: 24/03/2025

Aceptado: 24/05/2025

Publicado: 30/06/2025

RESUMEN

El presente estudio analiza la importancia del mantenimiento preventivo en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos, destacando su impacto en la eficiencia, seguridad y prolongación de la vida útil del sistema de almacenamiento energético. Se abordan los diferentes tipos de baterías utilizadas, sus características técnicas, procedimientos de mantenimiento y estrategias de optimización. La investigación incluye un análisis comparativo entre la eficiencia de la batería HV encontrada en el Audi Q5 antes y después del mantenimiento realizado evaluando costos y beneficios asociados. Los resultados obtenidos muestran que la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo contribuye a reducir la degradación de las baterías, minimizando la pérdida de capacidad y aumentando la eficiencia energética. Asimismo, se identifican beneficios económicos al disminuir la necesidad de reemplazo prematuro y reducir los costos operativos a largo plazo. La metodología utilizada combina una revisión práctica y supervisada con equipos especializados. En conclusión, el mantenimiento preventivo se presenta como una estrategia clave para mejorar la seguridad, eficiencia y durabilidad de las baterías de alto voltaje, recomendándose la adopción de protocolos estandarizados y la capacitación del personal técnico especializado.

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Palabras clave: Baterías de alto voltaje; mantenimiento preventivo; vehículos híbridos; eficiencia energética; seguridad vehicular.

ABSTRACT

The present study analyzes the importance of preventive maintenance in high-voltage batteries of hybrid vehicles, highlighting its impact on efficiency, safety, and the extension of the energy storage system's lifespan. It addresses the different types of batteries used, their technical characteristics, maintenance procedures, and optimization strategies. The research includes a comparative analysis of the efficiency of the HV battery found in the Audi Q5 before and after the maintenance process, evaluating associated costs and benefits. The results obtained show that implementing preventive maintenance strategies helps reduce battery degradation, minimizing capacity loss and increasing energy efficiency. Additionally, economic benefits are identified by decreasing the need for premature replacement and reducing long-term operating costs. The methodology used combines a practical and supervised review with specialized equipment. In conclusion, preventive maintenance emerges as a key strategy to improve the safety, efficiency, and durability of high-voltage batteries. The adoption of standardized protocols and the training of specialized technical personnel are recommended to enhance overall system performance.

Index terms: High-voltage batteries; preventive maintenance; hybrid vehicles; energy efficiency; vehicle safety.

1. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo tecnológico en la industria automotriz ha impulsado la adopción de vehículos híbridos, cuya eficiencia depende en gran medida del estado de las baterías de alto voltaje. Estas baterías, mayoritariamente de iones de litio, requieren estrategias de mantenimiento preventivo para evitar la degradación prematura, reducir costos operativos y mejorar el rendimiento general del vehículo (Jama Espinoza, 2024). Sin embargo, la falta de procedimientos especializados limita la implementación de técnicas de mantenimiento efectivas. Este estudio busca evaluar la efectividad de distintos métodos de mantenimiento, su impacto en la vida útil de las baterías y las implicaciones económicas y ambientales (Cortes Tenesaca & Feijoo Ordoñez, 2024).

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

2.1 Materiales

Se utilizó los siguientes materiales:

- Vehículo: Audi Q5.
- Scanner
- Multímetro
- Cargador de baterías

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Se utilizó las siguientes herramientas y equipos de protección:

- Guantes aislantes clase 0
- Caja de herramientas aislada
- Caja de herramientas
- Llaves torx
- Alfombra aislante

2.2. Vehículo híbrido didáctico AUDI Q5

Figura 1

Audi Q5 Hybrid



Nota: Vehículo híbrido Audi Q5 empleado para el mantenimiento.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Metodología de experimentación

La metodología de experimentación se realizará siguiendo el siguiente procedimiento:

La batería de Ion de litio será sometida a una prueba durante 5 días, ubicada en un vehículo marca AUDI modelo Q5 año 2011. El cual fue elegido como objeto de prueba en esta investigación, cabe recalcar que la metodología de prueba puede ser aplicada en distintos tipos de vehículos híbridos.

Se utilizó el equipo de diagnóstico “scanner automotriz” conectado en el vehículo para poder determinar parámetros de funcionamiento del motor y de la batería tales como temperatura de motor, revoluciones del motor, temperatura de la batería, voltaje de la batería, SOC, corriente de la batería, entre otros aspectos.

La ruta del vehículo dentro del Instituto Superior Universitario “Central Técnico”, la cual comienza desde el Área de Mecánica Automotriz hasta el área de Área de Contabilidad.

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Figura 2

Mapa de trayecto para pruebas



Nota: Trayecto utilizado para las pruebas que se realizaron en estudio del automóvil Audi Q5.

El vehículo realizó 10 km diarios por la ruta trazada enfrentándose a diferentes tipos de modos de conducción (subidas, bajadas, rápido y despacio). Al culminar el primer día se obtuvieron los datos recogidos con el scanner en el vehículo y repetiremos esta misma prueba por 5 días para comparar y sacar un promedio de dicha información.

Preparación y Seguridad

Antes de iniciar cualquier intervención en el sistema eléctrico del vehículo híbrido, es fundamental seguir estrictamente las normas de seguridad para prevenir riesgos eléctricos y mecánicos.

Ubicación y Acondicionamiento del Área de Trabajo

Se ubicó el vehículo en un espacio seguro, delimitado con una cerca de seguridad, restringiendo el acceso a personal no autorizado, se aseguraron mesas de trabajo cercanas para la colocación de herramientas y componentes desmontados.

Como parte del protocolo de seguridad, la llave del vehículo se almacenó a una distancia de aproximadamente 20 metros, evitando cualquier activación accidental del sistema híbrido (Chuisaca Buestan & Zúñiga Cabrera, 2024).

Desconexión del Sistema y Descarga de Energía

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Se inició el procedimiento desconectando el jumper de la batería auxiliar de 12V, permitiendo su descarga durante 20 minutos para disipar cualquier carga residual en el sistema eléctrico.

Este tiempo de espera es fundamental para garantizar que no haya presencia de tensión residual en los cables de alta tensión y en los sistemas electrónicos sensibles.

Equipamiento de Protección Personal (EPP)

El personal técnico se equipó con los siguientes elementos de seguridad certificados:

- Calzado de seguridad con punta de acero, proporcionando protección contra impactos y descargas.
- Guantes aislantes Clase 0, certificados para trabajos con tensiones de hasta 1,000V, asegurando aislamiento eléctrico.
- Mandil blanco perteneciente a la carrera Mecánica Automotriz, utilizado como barrera adicional contra contaminantes y descargas estáticas.
- Alfombra aislante de seguridad colocada en el piso del área de trabajo, evitando la transmisión de corriente en caso de contacto accidental con componentes de alta tensión.

Adicionalmente, se verificó la disponibilidad y funcionalidad de los equipos de medición eléctrica, incluyendo un multímetro digital Automotriz, herramientas aisladas certificadas y dispositivos de seguridad para la manipulación de cables de alta tensión (Cajilema Acero & Labanda Valverde, 2024).

Desmontaje de Accesorios y Desconexión de Baterías

1. Retiro de Accesorios Didácticos

- Se identificaron y desconectaron todos los accesorios didácticos instalados en el vehículo con fines de aprendizaje.
- Se utilizaron llaves Torx y herramientas especializadas según la configuración de cada componente.
- Se verificó la correcta documentación y registro de los puntos de conexión para su posterior reinstalación.

2. Desconexión de la Primera Batería Auxiliar (12V Pequeña)

Se procedió a la desconexión de la batería auxiliar pequeña de 12V, siguiendo los siguientes pasos:

- 2.1. Identificación de los bornes positivo y negativo.
- 2.2. Desconexión del cable negativo (-) primero, seguido del cable positivo (+).

Ávila, E. Beltrán, J., García, A, & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

2.3. Retiro de la batería y traslado a una mesa de trabajo aislada para inspección y mantenimiento.

3. Desconexión del Sistema de Alta Tensión

Se accedió a la batería de alto voltaje (HV) y se procedió a la desconexión de los cables de alta tensión.

Precaución: Todos los cables de alta tensión deben manipularse con herramientas aisladas.

4. Desmontaje del Sistema de Refrigeración y Equipos Auxiliares

4.1. Retiro del Sistema de Refrigeración

Se desmontó el sistema de refrigeración de la batería de alto voltaje, asegurando la correcta manipulación de los siguientes elementos:

- **Conductos de ventilación**
- **Sensores de temperatura**
- **Motores de ventilación**

Se inspeccionaron los conductos para verificar la ausencia de obstrucciones y garantizar el flujo adecuado de aire en futuras reinstalaciones.

4.2. Desconexión del Equipo de Sonido y Componentes Electrónicos

Se retiró el equipo de sonido y demás dispositivos electrónicos integrados.

Se documentó la ubicación y el tipo de conectores para su posterior reensamblaje.

Precaución: Desconectar con cuidado los sensores y actuadores, ya que un mal manejo podría generar fallas en los sistemas electrónicos del vehículo.

5. Acceso y Desmontaje de la Segunda Batería Auxiliar AMG

5.1. Ubicación y Desconexión

Con los componentes previamente retirados, se obtuvo acceso a la segunda batería auxiliar de 12V (generalmente de mayor capacidad que la primera).

Se desconectó siguiendo el mismo procedimiento que la primera batería auxiliar:

1. Desconexión del cable negativo (-).
2. Desconexión del cable positivo (+).
3. Retiro de la batería y ubicación en la mesa de trabajo junto a la primera.

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

6. Desmontaje y Evaluación de la Batería de Alto Voltaje (HV)

Se procedió a la desconexión completa de la **batería de alto voltaje (HV)**, asegurando la remoción de:

- Seguros mecánicos y eléctricos, garantizando su aislamiento total.
- Sensores y conexiones de monitoreo, manipulándolos con precaución para evitar daños.

Una vez desconectada, la batería HV fue desmontada del vehículo y trasladada a una mesa de trabajo aislada, donde se llevó a cabo su respectivo mantenimiento (Aguilar Espinoza & Solís Almeida, 2024).

7. Inspección, Limpieza y Carga de Baterías

7.1. Procedimiento en Baterías Auxiliares (12V)

- Se realizaron mediciones de voltaje en reposo y capacidad de carga con un multímetro digital de alta precisión.
- Como parte del mantenimiento preventivo, se procedió a la carga controlada de ambas baterías auxiliares utilizando un cargador de baterías inteligente, garantizando una carga óptima sin sobrecarga.

7.2. Procedimiento en Batería de Alto Voltaje (HV)

- Se llevó a cabo una limpieza integral de la batería, eliminando polvo y residuos acumulados que pudieran afectar su rendimiento térmico.
- Se analizaron los datos de diagnóstico obtenidos mediante el escáner automotriz, los cuales indicaron que la batería HV cumplía con los parámetros operativos recomendados, por lo que no fue necesario realizar una recarga.
- Se realizó la limpieza del compartimiento de la batería HV, asegurando la correcta disipación térmica y evitando acumulaciones de suciedad que pudieran interferir con su funcionamiento.

7.3. Verificación de Parámetros y Sustitución de Batería Auxiliar Defectuosa

Tras completar la carga de las baterías auxiliares, se efectuaron nuevas mediciones para verificar su estado. Se detectó que la batería auxiliar pequeña no cumplía con los parámetros requeridos para su correcto desempeño.

- Se procedió a su reemplazo por una nueva batería con especificaciones compatibles y certificadas según los estándares del fabricante.

7.4. Reinstalación de Componentes

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Se llevó a cabo la reinstalación de todos los sistemas previamente desmontados, asegurando el correcto ensamblaje de cada componente:

1. Instalación de la batería de alto voltaje, asegurando su fijación y reconexión de los sensores.
2. Montaje de la batería auxiliar AMG, verificando la correcta polaridad en la conexión de sus terminales.
3. Reinstalación del sistema de refrigeración, asegurando la correcta colocación de conductos y ventiladores.
4. Reensamblaje del sistema de audio y demás componentes electrónicos, garantizando que todos los sensores y actuadores previamente desconectados fueran reinstalados sin errores.

Finalmente, se procedió a la reconexión de los cables de alta tensión, siguiendo el orden establecido en el protocolo de seguridad. Posteriormente, se conectó la nueva batería auxiliar y se reinstaló el jumper.

8. Pruebas Funcionales y Verificación Final

- Se encendió el vehículo y se utilizó un scanner automotriz para realizar un diagnóstico completo del sistema eléctrico.
- Se verificó el correcto funcionamiento de todos los módulos electrónicos, asegurando la ausencia de códigos de error y el correcto desempeño del sistema híbrido.
- Una vez comprobado el funcionamiento óptimo del vehículo, se apagó el sistema y se desconectó nuevamente el jumper para proceder con la reinstalación de los elementos didácticos.
- Finalmente, se realizó una última conexión del jumper y una revisión general para confirmar que todos los sistemas estuvieran operativos.

Con esto, se dio por concluido el procedimiento de mantenimiento y reinstalación de baterías en el vehículo híbrido, garantizando su correcto funcionamiento y cumplimiento de los parámetros de seguridad y desempeño establecidos (Quintero, Vanessa, 2021).

3. RESULTADOS

El mantenimiento de las baterías en el vehículo híbrido se llevó a cabo con éxito, asegurando su correcto funcionamiento y cumplimiento de los estándares de fábrica.

Ávila, E. Beltrán, J., García, A, & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Tabla 1

Mantenimiento de baterías

Batería	Voltaje Inicial (V)	Condición Inicial	Acción Tomada	Voltaje Final (V)	Condición Final
Batería Auxiliar Pequeña (12V)	0.8 V	Descarga excesiva	Intento de recarga y sustitución (nueva)	12.6 V	Operativa
Batería Auxiliar AMG (12V)	3.7 V	Estado aceptable, pero con ligera pérdida de carga	Recarga controlada	12.8 V	Operativa
Batería de Alto Voltaje (HV)	299.5 V	Cumple parámetros de funcionamiento	Limpieza y verificación de sensores	300 V	Operativa

Durante el procedimiento, se realizaron mediciones, limpieza y reinstalación de todos los componentes, incluyendo el sistema de refrigeración y los sensores. Finalmente, el diagnóstico con scanner automotriz verificó la ausencia de fallos en el sistema eléctrico y las pruebas operativas confirmaron que el vehículo funcionaba correctamente. Este mantenimiento no solo garantizó la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico, sino que también optimizó el rendimiento del vehículo, mejorando su eficiencia energética y contribuyendo a prolongar la vida útil de sus baterías.

4. DISCUSIÓN

- El mantenimiento realizado en las baterías del vehículo híbrido confirmó la importancia de los procedimientos preventivos para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema eléctrico. Según la literatura existente, la eficiencia y vida útil de las baterías en vehículos híbridos dependen en gran medida de su correcto mantenimiento, incluyendo limpieza, monitoreo de voltajes y reemplazo oportuno de celdas defectuosas (Chamba Espinoza & Pineda Bravo, 2023). En este caso, la batería de alto voltaje (HV) mantuvo un rendimiento estable dentro de los valores nominales, lo que respalda estudios previos que indican que estas baterías presentan menor degradación cuando su gestión térmica es adecuada y su sistema de carga y descarga es eficiente (Suresh et al., 2025).
- Por otro lado, las baterías auxiliares mostraron un comportamiento acorde con las tendencias identificadas en la literatura sobre baterías de 12V en vehículos híbridos. La batería auxiliar pequeña no logró recuperar su capacidad tras la recarga, lo que es consistente con investigaciones que destacan la sensibilidad de estas baterías a ciclos de descarga profunda y su limitada capacidad de recuperación (Maden & Arabaci, 2024). En contraste, la batería auxiliar AMG respondió positivamente a la recarga, lo que coincide con estudios que demuestran que este tipo de baterías ofrecen una mejor estabilidad y una mayor resistencia a la sulfatación cuando se les da mantenimiento adecuado (Gang Zhao et al., 2022).

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

- Las implicaciones de estos hallazgos refuerzan la necesidad de una inspección periódica y mantenimiento adecuado de las baterías en vehículos híbridos para prevenir fallos prematuros y garantizar un desempeño óptimo. Además, este mantenimiento contribuye a la eficiencia energética del vehículo, reduciendo el desgaste del sistema eléctrico y prolongando la vida útil de las baterías. La ausencia de fallos tras el diagnóstico final con el scanner automotriz respalda la efectividad de estos procedimientos y su impacto positivo en la seguridad y operatividad del vehículo.

5. CONCLUSIONES

- El mantenimiento realizado en las baterías del vehículo híbrido permitió confirmar la importancia de la inspección y el cuidado preventivo para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Se encontró que la batería de alto voltaje (HV) operaba dentro de los parámetros óptimos, lo que destacó la efectividad de su sistema de gestión térmica y carga. Por otro lado, la batería auxiliar AMG logró recuperar su capacidad tras la recarga, mientras que la batería auxiliar pequeña presentó una degradación irreversible, requiriendo su sustitución (Paguay Quishpe & Ramos Sánchez, 2021).
- Estos hallazgos resaltan la relevancia de aplicar protocolos de mantenimiento basados en monitoreo de voltajes, limpieza y recarga controlada, alineándose con estudios previos sobre la optimización del rendimiento en sistemas híbridos. La validación con el scanner automotriz demostró que la intervención fue exitosa, asegurando la operatividad del vehículo sin fallos en el sistema eléctrico (Saavedra Guarderas & Sibri Lazo, 2018).
- En términos prácticos, este estudio contribuye al conocimiento sobre el mantenimiento de baterías en vehículos híbridos, subrayando que un mantenimiento adecuado no solo mejora la eficiencia del vehículo, sino que también reduce costos de reemplazo y extiende la vida útil de los componentes. Estos resultados refuerzan la necesidad de implementar procedimientos regulares de diagnóstico y mantenimiento en flotas híbridas y eléctricas, garantizando su sostenibilidad y rendimiento a largo plazo.

6. REFERENCIAS

Aguilar Espinoza, J. L., & Solís Almeida, A. M. (2024). *Despiece y Análisis Detallado del Transeje de un Toyota Highlander Híbrido* [bachelorThesis, Universidad del Azuay].

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14604>

Cajilema Acero, J. S., & Labanda Valverde, J. P. (2024). *Elaboración de instructivos de trabajo seguro para los laboratorios de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad*

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Politécnica Salesiana sede Cuenca [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27111>

Chamba Espinoza, R. J., & Pineda Bravo, A. I. (2023). *Desarrollo de un método de inspección utilizando termografía como herramienta para mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje de NI-MH de vehículo híbrido tipo sedán* [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25898>

Chuisaca Buestan, W. F., & Zúñiga Cabrera, J. A. (2024). *Diseño y construcción de un analizador de celdas de baterías de vehículos híbridos y eléctricos* [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14131>

Cortes Tenesaca, W. A., & Feijoo Ordoñez, A. S. (2024). *Desarrollo de una maqueta didáctica sobre una batería de alta tensión de un Toyota Prius Híbrido* [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/15325>

Gang Zhao, Xiaolin Wang, & Michael Negnevitsky. (2022, febrero 18). *Connecting battery technologies for electric vehicles from battery materials to management—ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222000141>

Jama Espinoza, M. Y. (2024). *Exoneraciones tributarias y arancelarias en la importación de vehículos eléctricos a Ecuador*. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/5669>

Maden, A. H., & Arabaci, H. (2024). Effects of Discharge Cut-off Voltage Level on Available Battery Charge Capacity and Battery Life. *International Journal of Data Science and Applications*, 7(1), Article 1.

Ávila, E. Beltrán, J., García, A., & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.

Paguay Quishpe, A. F., & Ramos Sánchez, A. S. (2021). *Diseño y construcción de un equipo para diagnóstico de las bobinas del estator para MG de vehículos híbridos.*

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15465>

Quintero, Vanessa. (2021, enero 13). *Baterías de Ion Litio: Características y aplicaciones | I+D Tecnológico.* <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2907>

Saavedra Guarderas, J. A., & Sibri Lazo, J. G. (2018). *Análisis del comportamiento de baterías usadas en vehículos híbridos durante el proceso de recuperación* [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16285>

Suresh, C., Awasthi, A., Kumar, B., Im, S., & Jeon, Y. (2025). Advances in battery thermal management for electric vehicles: A comprehensive review of hybrid PCM-metal foam and immersion cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 208, 115021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115021>

Ávila, E. Beltrán, J., García, A, & Suarez, S. (2025). Análisis de los beneficios al realizar mantenimientos preventivos en baterías de alto voltaje de vehículos híbridos.