



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**Facultad De Ciencia y Tecnología
Tecnología Superior en Electrónica Automotriz**

**Desarrollo de una maqueta didáctica sobre una batería de alta
tensión de un Toyota Prius híbrido**

**Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo en
Electrónica Automotriz**

Autores:

Alexander Santiago Feijoo Ordoñez

William Andrés Cortes Tenesaca

Director:

Ing. Efrén Fernández. PhD

Cuenca – Ecuador

2024

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento y alegría, dedicamos nuestro documento de terminación de carrera a nuestros padres y seres queridos. No habríamos llegado hasta aquí en este nuevo viaje sin su amor y apoyo incondicionales y su ánimo constante.

Nos han ayudado a superar los momentos más oscuros de nuestras vidas y nos han empoderado durante los tiempos más brillantes. Al concluir, deseo agradecer a nuestras familias y expresar mi amor incondicional y eterna gratitud por todo el sacrificio y apoyo incondicional. Nos dieron más fuerza, esperanza y fe que nos mantuvo a flote en los peores momentos, en este fuego ético.

Y gracias a ellos por demostrar con su ejemplo que el esfuerzo constante puede cambiarlo todo. A nuestros amigos que nos acompañaron en esta empresa, gracias por su amor, por su risa y su tiempo. Tu amistad nos dio el equilibrio necesario para seguir hacia adelante.

Y, dado a nosotros mismos, al estudiante que nunca renuncia y siempre se esfuerza, que enfrentó cada batalla con valor y cada dificultad con determinación. Esto es para ti, un logro total, un esfuerzo increíble, y la evidencia de que todo es posible cuando no pierdes la fe.

Resumen

Concluyendo, el objetivo principal de este proyecto es desarrollar una maqueta didáctica funcional de manera, usando una batería de alta tensión real de un vehículo híbrido tipo Toyota Prius, proporcionando de forma fiable y práctica en la Universidad el aprendizaje teórico y práctico acerca de la electrónica automotriz, a los estudiantes. La maqueta lingüística permitirá a los estudiantes que interactúen con un sistema de vehículo real, simulando su comportamiento y sus condiciones al operar, que les proporcionará una experiencia educativa más completa y realista. . Como se mencionó, este proyecto involucra el diseño y la construcción del marco de la maqueta, una descripción general de la disposición y el funcionamiento de la batería y las pruebas para medir los parámetros fundamentales, como el voltaje, la corriente y la capacidad de carga, para asegurarse de que el sistema esté funcionando según su especificación. Al hacerlo, se proporcionará una plataforma segura lo suficientemente buena para realizar un aprendizaje práctico sobre baterías de alta tensión.

Palabras clave: Maqueta didáctica, Batería de alta tensión, Vehículo híbrido, Electrónica automotriz, Aprendizaje práctico..

Abstract

In conclusion, the main objective of this project is to develop a functional teaching model using a real high-voltage battery from a hybrid vehicle, such as a Toyota Prius, providing reliable and practical theoretical and hands-on learning about automotive electronics to students at the university. The teaching model will allow students to interact with a real vehicle system, simulating its behavior and conditions during operation, providing them with a more complete and realistic educational experience. As mentioned, this project involves the design and construction of the model's frame, an overview of the battery's layout and operation, and tests to measure key parameters such as voltage, current, and charge capacity to ensure the system is functioning according to its specifications. In doing so, a safe platform will be provided, enabling effective hands-on learning about high-voltage batteries.

Keywords: Teaching model, High-voltage battery, Hybrid vehicle, Automotive electronics, Practical learning.

Tabla de contenido

Dedicatoria	2
Resumen.....	3
Abstract	3
Índice de Figuras	5
1. Introducción	6
1.1. Problemática	7
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. Marco teórico	8
3.1. Baterías Híbridas.....	8
3.2. Funcionamiento de la Batería híbrida del Toyota Prius NHW20	8
3.3. Componentes de una batería Híbrida.....	9
4. Metodología	14
4.1. Proceso Constructivo	14
4.1.1. Construcción de la base metálica y recubrimiento aislante.....	14
4.1.2. Colocación de ruedas en la base.....	15
4.1.3. Procedimiento de corte de y mantenimiento de la batería	16
4.1.6. Conexiones Eléctricas	19
4.1.7. Acabados finales	20
5. Resultados	20

5.1.	Medición de los voltajes de la batería híbrida.....	21
6.	Conclusiones.....	23
7.	Recomendaciones.....	27
8.	Referencias.....	28

Índice de Figuras

Figura 1.	Batería Híbrida.....	10
Figura 2.	Arnés de conexión y cables.....	10
Figura 3.	Carcasa de batería universal.....	11
Figura 4.	Terminales de alta tensión para batería de auto.....	122
Figura 5.	BSM de batería híbrida.....	12
Figura 6.	Jumper de seguridad.....	12
Figura 7.	Sistema de refrigeración por aire.....	133
Figura 8.	Esquema de funcionamiento de transferencia de energía en vehículo híbrido.....	14
Figura 9.	Proceso de pintado de la mesa o base metálica.....	15
Figura 10.	Colación de aislamiento eléctrico a la mesa.....	15
Figura 11.	Soldadura de ruedas.....	16
Figura 12.	Batería cortada.....	17
Figura 13.	Recubrimiento de batería con cartón.....	18
Figura 14.	Caja con tapa deslizable.....	19
Figura 15.	Base con agujeros de barrenado para conexiones.....	19
Figura 16.	Conexiones eléctricas.....	19
Figura 17.	Maqueta finalizada.....	20
Figura 18.	Mediciones realizadas en el banco de pruebas, por pares de celdas.....	22
Figura 19.	Medición de voltaje de salida en la batería.....	23

1. Introducción

Las baterías híbridas son baterías recargables que se pueden conectar a la red eléctrica para aprovechar la energía renovable. Estas funcionan mediante un proceso químico denominado electrólisis. Este proceso consiste en aplicar corriente eléctrica al agua, de manera que se produce una reacción que permite separar los átomos de hidrógeno y oxígeno, liberando electrones. Estos electrones se almacenan en electrodos o polos positivo y negativo de la batería. Así, cuando se necesita utilizar la energía almacenada, se produce una reacción de combustión, que es el proceso inverso a la electrólisis, donde los electrones vuelven a unirse con los átomos de hidrógeno y oxígeno, formando agua y liberando calor. Es este calor el que se aprovecha para mover el motor del vehículo, consiguiendo así un ciclo cerrado, donde el agua se transforma en electricidad y viceversa. (PLAZA MOTORS S.A, 2024) (Araujo, 2015)

La batería híbrida del Toyota Prius es uno de los componentes clave que definen el sistema híbrido de este vehículo, combinando el uso de un motor eléctrico y uno de combustión interna para maximizar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes. Esta batería de alto voltaje, generalmente de tipo níquel-metal hidruro (NiMH) o, en modelos más recientes, de ion de litio, almacena la energía recuperada durante la frenada regenerativa y la proporciona para alimentar el motor eléctrico cuando sea necesario, optimizando el consumo de combustible. (Toyota CO., 2024) (Mendez, 2015)

El diseño de la batería permite una operación continua y eficiente, y está compuesta por múltiples celdas interconectadas, lo que facilita la entrega y el almacenamiento de energía en función de las demandas del vehículo. Además, su sistema de gestión garantiza un equilibrio adecuado entre carga y descarga, protegiendo la integridad de las celdas y prolongando su vida útil. El análisis y monitoreo de las celdas de esta batería es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y detectar cualquier posible falla o degradación a lo largo del tiempo. (Bustamante, 2022)

Debido a las necesidades de reducir las emisiones contaminantes que los vehículos ocasionan y a los elevados costos que han logrado alcanzar los combustibles alternativos en los últimos años, se comenzó a implementar en los diferentes países tecnologías alternativas como la combinación de un motor de combustión interna, con un motor eléctrico (Marcelo Gómez, 2014). Actualmente es una tecnología confiable y eficiente, que se ha implementado en varios vehículos modernos.

Por esta razón, dentro del área automotriz, es importante conocer el funcionamiento y cómo se realizan las mediciones

1.1. Problemática

La principal problemática que se ha detectado en este aspecto es que, en muchos casos, el acceso a este tipo de baterías es limitado, ya que los dueños del vehículo no permiten que se realicen pruebas constantes sobre sus propiedades; pues se corre el riesgo de cometer errores y producir daños en los equipos, que podrían llegar a ser costosos. Sin embargo, la falta de una plataforma de pruebas, hasta la actualidad, ha limitado el aprendizaje de los alumnos, en temáticas experimentales, referentes a las baterías híbridas. Por esta razón es que se ha visto la imperiosa necesidad de elaborar un banco de pruebas, en el que todos los estudiantes tengan acceso a la realización de prácticas y ejecutar pruebas en entornos seguros, que les permitan ampliar sus conocimientos automotrices, al evidenciar experimentalmente el funcionamiento eléctrico de las baterías híbridas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Crear una maqueta didáctica funcional de la batería de alta tensión de un Toyota Prius híbrido, a fin de mejorar, tanto el aprendizaje práctico como teórico de los estudiantes, en el campo de la electrónica automotriz.

2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y construir una maqueta detallada de la batería de alta tensión del Toyota Prius híbrido.
- Verificar el funcionamiento de la maqueta y obtener los respectivos valores de la batería híbrida

3. Marco teórico

3.1. Baterías Híbridas

Las baterías de alta tensión que se encuentran en los vehículos híbridos proveen un voltaje de 220 V, energía que es utilizada por los motores trifásicos y demás elementos del vehículo. Las baterías híbridas combinan diferentes tecnologías de acumulación, en un mismo pack de baterías, que se almacenan en diferentes celdas, para aprovechar las ventajas de cada tecnología.

De manera general, las baterías híbridas funcionan mediante un proceso químico denominado electrólisis. Este proceso consiste en aplicar corriente eléctrica al agua, de manera que se produce una reacción que permite separar los átomos de hidrógeno y oxígeno, liberando electrones. Estos electrones se almacenan en electrodos o polos positivo y negativo de la batería. Así, cuando se necesita utilizar la energía almacenada, se produce una reacción de combustión, que es el proceso inverso a la electrólisis, donde los electrones vuelven a unirse con los átomos de hidrógeno y oxígeno, formando agua y liberando calor. Es este calor el que se aprovecha para mover el motor del vehículo, consiguiendo así un ciclo cerrado, donde el agua se transforma en electricidad y viceversa. (PLAZA MOTORS S.A, 2024) (Araujo, 2015)

Existen muchos tipos de baterías híbridas, pero el presente trabajo se centrará en la batería de níquel-metal hidruro, ya que es la que se ha empleado para la elaboración del banco de pruebas. Este tipo de baterías además son las que se utilizan más comúnmente en los vehículos híbridos, debido a su alta capacidad energética, menor toxicidad (son menos perjudiciales para la salud y el medio ambiente) y mejor rendimiento en aplicaciones de alta demanda (Cueva et al., 2018).

3.2. Funcionamiento de la Batería híbrida del Toyota Prius NHW20

El Toyota Prius serie NHW20, es un auto híbrido que combina un motor de gasolina con un motor eléctrico, y fue lanzado globalmente en septiembre de 2003 (Toyota Ecuador, 2022). El concepto de híbrido eléctrico/gasolina implica que el vehículo utiliza ambos motores como fuentes de energía para su funcionamiento. Tanto el motor de gasolina como el motor eléctrico están integrados en el propio sistema de propulsión (Mendez, 2015).

La batería híbrida del Toyota Prius es un componente esencial del sistema híbrido, ya que almacena y suministra la energía eléctrica que complementa al motor de combustión interna. Este tipo de

batería ha sido diseñado específicamente para operar de manera eficiente en vehículos híbridos, donde la energía se almacena y libera de manera rápida y frecuente, lo que requiere un diseño y materiales diferentes en comparación con las baterías tradicionales. (PLAZA MOTORS S.A, 2024) (Bustamante, 2022).

En el caso de este vehículo, el voltaje que provee la batería, proviene de un paquete de 14 baterías conectadas en serie. Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una, conectadas en pares para formar 14 paquetes de baterías de 15,78V aproximadamente; generando un total de 220 Voltios (Donado, 2021).

3.3. Componentes de una batería Híbrida

1. Celdas y Módulos de la batería

La batería híbrida está formada por 14 módulos, conformados por pares de celdas conectadas en serie para proporcionar la potencia necesaria al sistema eléctrico del vehículo (Fernández Palomeque, Chuisaca Buestan, & Zúñiga Cabrera, 2024). En el caso de la batería empleada del Toyota Prius, cada una de estas celdas es una batería de níquel-hidruro metálico (NiMH). Cada celda almacena una cantidad específica de energía eléctrica (aproximadamente 7,89 V), que luego se combina con la energía de las otras celdas para proporcionar un voltaje y capacidad adecuados al sistema del vehículo. Las celdas están diseñadas para soportar ciclos rápidos de carga y descarga sin degradarse significativamente (Toyota CO., 2024). La serie de los paquetes de las baterías llegan a los dos polos positivo y negativo (ánodo y cátodo) para su distribución.

- **Electrodos (Ánodo y Cátodo).** – Son los cables finales de la batería, correspondientes a los polos positivo y negativo de la salida de voltaje.
- **Separadores.** – Los separadores se encuentran entre cada celda, permite que los iones fluyan mientras mantiene el cátodo y el ánodo físicamente separados, lo que evita cortocircuitos.

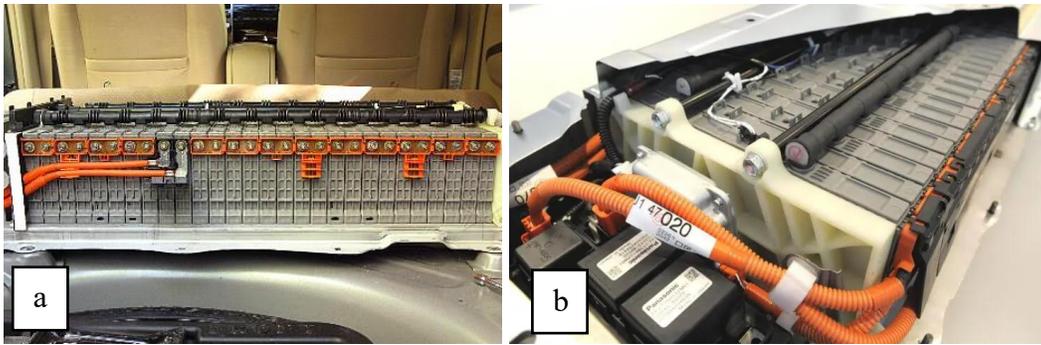


Figura 1. Batería Híbrida
 a) Celdas de carga de una batería híbrida de Ni MH.
 b) Electrodo

Fuente: www.autoavance.co

2. Conectores y arneses de interconexión

Para formar un sistema que pueda alimentar al motor eléctrico, las celdas de la batería deben estar conectadas entre sí. Para conectar todas las celdas, se utilizan conectores y arneses de interconexión. Dichos dispositivos garantizan la conexión confiable y eficiente de todas las celdas entre sí, a través de la cual la energía pasará sin pérdidas significativas. Normalmente, los conectores están fabricados de materiales altamente conductores, como el cobre, y aislados para evitar cortocircuitos de corte y los accidentes más serios que estos tienden a causar durante el funcionamiento del vehículo. (Gómez, Hidalgo, Erazo, & Quiroz, 2019).



Figura 2. Arnés de conexión y cables.

Fuente: <https://i.ebayimg.com/thumbs/images/g/Ii0AAOSwU~tmiaxx/s-11200.jpg>

3. Carcasa de la batería

Lo más común es que este componente sea usado de aluminio o de polímeros reforzados, materiales ligeros y duraderos que justifican mantener el sistema completo con un peso bajo. El chasis de la batería dispone de acceso para mantenimiento, y su calidad está garantizada para soportar las condiciones medioambientales y de operación a la que se expone un vehículo híbrido, como variaciones de temperatura y vibraciones causadas por la circulación.



Figura 3. Carcasa de batería universal.

Fuente: <https://m.media-amazon.com/images/I/51SiOdKEPvS.jpg>

4. Terminales de alta tensión

Los terminales de alta tensión son los puntos de conexión que permiten la transferencia de energía entre la batería y los sistemas eléctricos del vehículo, como los motores, los sistemas de carga y los convertidores. Estos terminales están diseñados para manejar los niveles de voltaje más altos que se utilizan en los sistemas híbridos y están aislados de manera segura para prevenir descargas eléctricas. (Gómez, Hidalgo, Erazo, & Quiroz, 2019). Los terminales permiten la transferencia de energía entre la batería y el inversor, que convierte la corriente continua almacenada en las celdas en corriente alterna para alimentar el motor eléctrico del vehículo.



Figura 4. Terminales de alta tensión para batería de auto.

Fuente: <https://kywiec.vtexassets.com/arquivos/ids/204235-800-auto?v=638620964671100000&width=800&height=auto&aspect=true>

5. Unidad de gestión de la batería (BMS) o Unidad de control electrónico (ECU)

El BMS es un sistema de control que supervisa la salud de la batería. Monitorea el voltaje, la temperatura, el estado de carga y descarga, y asegura que la batería funcione de manera eficiente y segura. También regula la distribución de energía entre las celdas y el motor eléctrico. Está conformado por diferentes partes, que ayudan a su correcto funcionamiento.

- **Cables de monitoreo.** - Los cables de monitoreo salen de los diferentes puntos de medida después de cada par de celdas. De esta forma, llevan la energía a la ECU de la batería.
- **Clavija o jumper de seguridad.** – Es un mecanismo de enclavamiento que asegura la desconexión del sistema, una vez que se retira la batería del vehículo.
- **Sensores de temperatura.** - informan la temperatura de las baterías y los relés IGCT, para regular el soplador (sistema de enfriamiento) (Cueva et al., 2018).

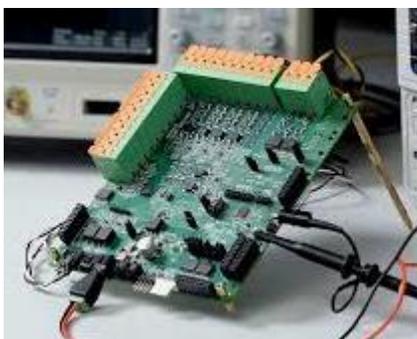


Figura 5. BSM de batería híbrida

Fuente: www.autoavance.co

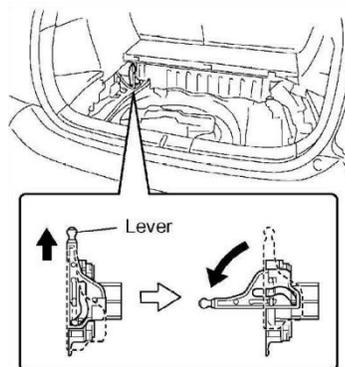


Figura 6. Jumper de seguridad

Fuente: www.autoavance.co

6. Sistema de refrigeración:

Para mitigar el calor que generan las baterías durante su funcionamiento, emplean un sistema de refrigeración líquida o por aire, a fin de mantener la temperatura dentro de los límites seguros. Esto ayuda a optimizar el rendimiento y la vida útil de la batería.



Figura 7. Sistema de refrigeración por aire

Fuente: <https://dinamotecnica.es/>

7. Cargador y convertidores de energía:

Estos componentes permiten gestionar la carga de la batería híbrida. El cargador se encarga de la recarga cuando el motor de combustión genera energía eléctrica o cuando el vehículo está conectado a una fuente de energía externa. Los convertidores de DC-DC son responsables de ajustar el voltaje de la batería para adaptarlo a los requerimientos del vehículo.

8. Interfaz de conexión con el sistema de propulsión:

Este sistema conecta la batería con el motor eléctrico y el motor de combustión interna. Permite que la energía almacenada en la batería se use para alimentar el motor eléctrico y también gestiona la transferencia de energía hacia y desde la batería.



Figura 8. Esquema de funcionamiento de transferencia de energía en vehículo híbrido

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/>

5. Metodología

Para el desarrollo del banco de pruebas se trabajará empleando una batería híbrida original del vehículo Toyota Prius NHW20. Este tipo de baterías están compuestas por una aleación de Níquel Hidruro Metálico (Ni-MH), lo que las convierte en un tipo de pila o batería recargable que utiliza un ánodo de oxihidróxido de níquel (NiOOH). Son muy valoradas debido a su bajo impacto ambiental y por ser capaces de ofrecer una gran resistencia en los ciclos de carga y descarga.

Disponiendo de la batería, se procede a elaborar el banco y ajustar las medidas físicas de la batería, para finalmente efectuar las conexiones y dejarlas expuestas en borneras del banco de pruebas.

5.1 Proceso Constructivo

5.1.1 Construcción de la base metálica y recubrimiento aislante

Para llevar a cabo la maqueta de la batería híbrida, en primer lugar, fue necesario mandar a construir una mesa, que será la base del banco de pruebas y en donde se asienten todos los componentes. La mesa, fue elaborada con chapa metálica, para facilitar la soldadura en trabajos posteriores; tiene una longitud de 1.10 metros y un ancho de 40 centímetros, lo que permite un área de trabajo adecuada para la toma de mediciones y realización de ensayos.

Con la base construida, se procedió a pintar la mesa, empleando pintura de esmalte color negro y un pulverizador. Este procedimiento ayuda a proporcionar un acabado uniforme y protección contra la corrosión, contribuyendo a la durabilidad del equipo de trabajo.



Figura 9. Proceso de pintado de la mesa o base metálica

Fuente: Autores

El siguiente paso del procedimiento constructivo, consiste en aplicar un recubrimiento de material aislante en la mesa, a fin de garantizar la seguridad del usuario durante la realización de pruebas. Se incorporó una capa fina de caucho con textura en la superficie superior de la mesa, para evitar la transmisión de corriente a través del cuerpo metálico. Este material tiene la función de evitar que la batería híbrida haga tierra con el material metálico y genere una corriente indeseada hacia la mesa. De esta forma se consigue minimizar cualquier riesgo de accidente y se asegura que el usuario interactúe con los elementos almacenadores de energía, en un ambiente controlado.



Figura 10. Colación de aislamiento eléctrico a la mesa.

Fuente: Autores

5.1.2 Colocación de ruedas en la base

El último paso en la construcción de la base, consiste en colocar ruedas en las patas de la mesa. Este procedimiento se efectúa con la única finalidad de facilitar la movilidad de la maqueta. Para lograr el ensamble directo, fue necesario fabricar unas plantillas metálicas, con forma rectangular. Estas se soldaron directamente a las patas de la mesa y sirvieron como un soporte, sobre el cual fue posible acoplar las ruedas.



Figura 11. Soldadura de ruedas.

Fuente: Autores.

5.1.3 Procedimiento de corte de y mantenimiento de la batería

El tablero principal es la parte más importante del banco de pruebas, pues es en donde se encontrarán las salidas de las conexiones, sobre las cuales se realizarán las mediciones. Este consiste en un panel rectangular, en donde estarán contenidas las celdas. Básicamente las dimensiones especificadas de este panel, determinan las medidas generales del banco y de los elementos internos. Por esta razón, al ya tener especificadas las medidas del panel, se observó la necesidad de realizar un corte a la batería. El modelo empleado para la realización de este banco, es más largo de lo planificado. Por esta razón fue necesario remover las celdas de la parte inferior, de manera que se ajusten a las medidas, sin afectar el rendimiento general de la batería.

Se realizaron cortes internos, siguiendo estrictos protocolos de seguridad, para evitar daños en la batería o sus componentes.

Herramientas de corte

Para la realización segura y efectiva del corte se emplearon las siguientes herramientas:

- Cierra manual o cierra eléctrica, con cuchilla con punta de carburo de tungsteno, adecuada para cortes en materiales metálicos.
- Equipos de protección: gafas y guantes. Que eviten accidentes en el usuario.

Posterior al corte y para garantizar que la batería se encuentre en óptimas condiciones se procedió a realizar un mantenimiento general. Este consiste en: realizar la limpieza de las celdas y verificar que no existan fisuras ni fugas, medición de porcentaje de batería, revisión del sistema de carga y

descarga, medición de voltaje y corriente entregado, chequeo y calibración del sistema BMS y revisión de cables. Una vez realizado, entonces se puede proceder con el armado del banco.



Figura 12. Batería cortada

Fuente: Autores.

5.1.4 Recubrimiento de la batería

Empleando un pedazo de cartón resistente, se recubrió la batería, con el objetivo de protegerla de posibles daños externos que puedan comprometer los componentes internos. Este recubrimiento es fundamental para evitar que las celdas y otros elementos delicados sufran daños que afecten su rendimiento o vida útil. Además, el cartón cumple una doble función, actuando como un aislante que ayuda a prevenir cortocircuitos o interferencias eléctricas. También funciona como separador entre las celdas y el entorno del banco de pruebas, manteniendo una distancia segura que reduce el riesgo de contactos indeseados o interferencias térmicas, asegurando así un funcionamiento más eficiente y seguro.



Figura 13. Recubrimiento de batería con cartón Fuente: Autores.

Fuente: Autores.

5.1.5 Construcción de panel

Finalmente, para concluir con la construcción del banco de pruebas, se elaboró una caja robusta de madera con una tapa deslizable. Esta tapa fue diseñada específicamente para facilitar el montaje y desmontaje de la batería de manera rápida y sencilla, lo que resulta especialmente útil cuando se necesite realizar ajustes o reemplazos.

En la base de la caja, se procedió a medir espacios y barrenar cuidadosamente los lugares en los que se colocarán conectores o terminales eléctricos tipo bornera. Estos terminales funcionan como intermediarios entre las conexiones internas de las celdas y los usuarios; pues permiten realizar conexiones externas, facilitando las pruebas y mediciones que se efectúen en el banco.

Este diseño no solo garantiza una protección adecuada para la batería, sino que también optimiza el acceso a las conexiones para una operación más ágil y efectiva. Esto asegura también que los estudiantes puedan realizar pruebas y conocer sobre el funcionamiento de las baterías híbridas, bajo condiciones seguras y eficientes, pero, en un entorno realista.



Figura 14. Caja con tapa deslizable



Figura 15. Base con agujeros de barrenado para conexiones

Fuente: Autor

5.1.6 Conexiones Eléctricas

Ya finalizando el proceso constructivo, es esencial realizar la conexión de los terminales de la batería con los terminales externos correspondientes. Estos terminales irán colocados en el panel del frente, lo que permitirá una integración correcta entre todos los componentes eléctricos del sistema y el entorno exterior del banco. Además de estas conexiones externas, también se deben realizar las conexiones internas entre las celdas y otros componentes clave de la batería. Este paso es crucial, ya que garantiza que, al energizar el modelo, este funcione de manera similar a cómo lo haría realmente, una vez montada en el vehículo. La correcta conexión de los terminales y la verificación de cada una de las conexiones internas aseguran que el sistema eléctrico opere de manera eficiente, permitiendo que la batería proporcione la energía necesaria para el funcionamiento del vehículo o, en este caso, del banco de pruebas. Es necesaria, en este punto, la medición y ejecución de pruebas, para realizar ajustes de rendimiento, simulando las condiciones operativas reales del sistema.

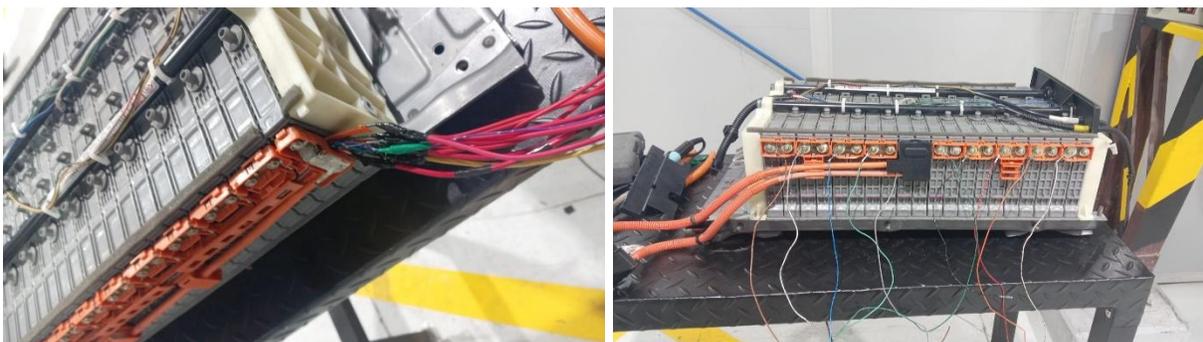


Figura 16. Conexiones eléctricas

5.1.7 Acabados finales

Finalmente, para que la maqueta sea interactiva, intuitiva y tenga una apariencia más profesional, se coloca una plancha adhesiva en el frente. Esta plancha no solo tiene un propósito estético, sino también funcional, ya que en ella se indica claramente el componente o par de celdas al que corresponde cada terminal. Esto facilita la identificación y conexión de los distintos elementos, permitiendo que los usuarios o técnicos que interactúan con el banco, comprendan rápidamente su disposición y funcionamiento.

Como complemento, además, la plancha adhesiva incluye información adicional relevante, como generalidades sobre el contenido de la maqueta, sus autores, la universidad que la respalda, y otros detalles importantes. Esto no solo enriquece la experiencia del usuario, sino que también proporciona contexto y credibilidad al proyecto, demostrando un nivel de profesionalismo y cuidado en su presentación. Esta combinación de funcionalidad e información visual contribuye a que la maqueta sea más comprensible y atractiva para los usuarios que la utilicen, como parte de su proceso formativo y adquisición de habilidades relacionadas a las baterías híbridas.



Figura 17. Maqueta finalizada

6 Resultados

El resultado final de la ejecución del presente proyecto, es un banco de pruebas funcional, sobre el cual los estudiantes puedan interactuar y ampliar su comprensión sobre la disposición y funcionamiento de las baterías híbridas, al comprender la distribución eléctrica.

Para corroborar que la instalación final es correcta, se debe medir el voltaje distribuido en cada par de celdas y la magnitud final, entregada a la salida de la batería.

6.1 Medición de los voltajes de la batería híbrida.

Se sabe que las baterías híbridas están compuestas por pares celdas conectadas en serie. El modelo con el que se trabajó consta de 20 celdas, organizadas en bloques por pares. Para evaluar su estado general, es necesario medir los voltajes de cada una de ellas usando un multímetro. Este proceso es esencial para determinar el estado de cada celda y asegurar el buen funcionamiento y rendimiento general de la batería.

Mediciones Realizadas al vacío:

En primer lugar, se procede a realizar la medición por pares, con el objetivo de medir el voltaje en cada módulo de celdas. De manera general se observa que cada módulo proporciona un aproximado de 15 VDC. Este voltaje es esperado, acorde a la distribución medida originalmente en la batería.

Tabla 1. Medición de voltaje por pares en vacío

Medición por pares en vacío	
Primera y segunda celda	15,05 V
Tercera y cuarta celda	14,91 V
Quinta y sexta celda	14,85 V
Séptima y octava celda	14,83 V
Novena y décima celda	14,74 V
Undécima y duodécima celda	14,76 V
Decimotercera y decimocuarta celda	14,78 V
Decimoquinta y decimosexta celda	14,90 V
Decimoséptima y decimoctava celda	14,98 V
Decimonovena y vigésima celda	15,01 V



Figura 18. Mediciones realizadas en el banco de pruebas, por pares de celdas.

Fuente: Autor

Luego de realizar las mediciones individuales por pares de celdas, se procede a medir el voltaje de salida de la batería, tomando como referencia el ánodo y la tierra. Esta medición representa el voltaje total que entrega la batería. Es importante verificar que la suma de los voltajes obtenidos de cada par de celdas sea igual al voltaje total de salida de la batería, lo cual confirma que las celdas están equilibradas y funcionando correctamente. Este voltaje total es crucial, ya que será el que, en condiciones normales, se entregue al vehículo, para cumplir con sus funciones, como la alimentación de los motores eléctricos, sistemas de control y otros componentes. Al realizar esta

medición, se garantiza que el sistema eléctrico de la batería está proporcionando la cantidad adecuada de energía, tal como lo haría en condiciones operativas reales dentro del vehículo.

Tabla 2. Medición de voltaje por mitades de celdas

Medición por mitades de las celdas

Primera mitad de las celdas	74,38 V
Segunda mitad de las celdas	74,43 V
Voltaje total de la batería	148,9 V



Figura 19. Medición de voltaje de salida en la batería (en vacío).

Fuente: Autor

Mediciones Realizadas con carga:

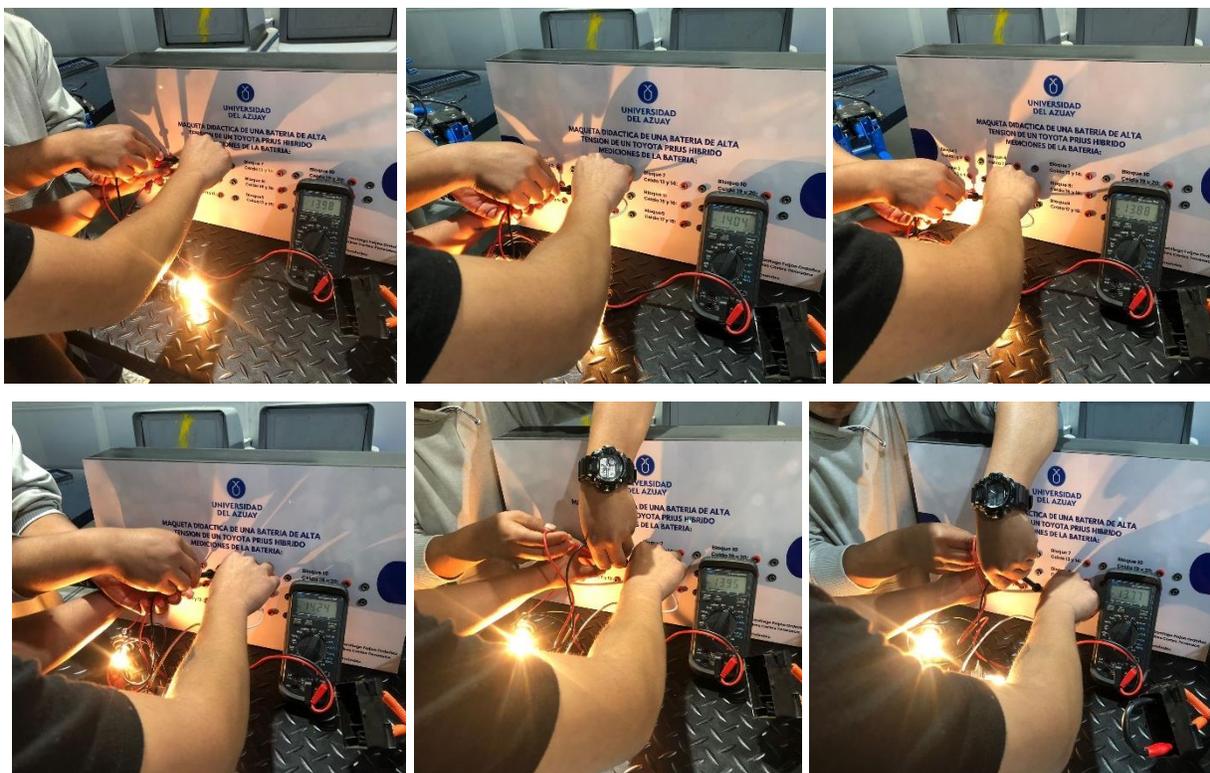
Las mediciones en vacío son útiles para conocer el rendimiento potencial de la batería; que se comprobó, es de 148.9V. Sin embargo, es necesario evaluar el comportamiento este mismo sistema empleando una carga, puesto que la finalidad de la batería híbrida será alimentar los sistemas eléctricos del motor y el vehículo en general. Las mediciones en carga permiten evaluar la caída de tensión, en base al consumo del elemento conectado.

Para este experimento, se emplearon dos alógenos H4 de 60/55W de 12V conectados en serie. Ya que directamente, no existe ningún consumidor del vehículo que requiera 149V, este par de alógenos se conectaron individualmente a cada celda de la batería; procediendo a medir nuevamente el voltaje en cada uno de los pares. Se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3. Medición de voltaje por pares con carga

Medición por pares con carga

Primera y segunda celda	13,98 V
Tercera y cuarta celda	14,04 V
Quinta y sexta celda	13,88 V
Séptima y octava celda	14,24 V
Novena y décima celda	13,95 V
Undécima y duodécima celda	13,77 V
Decimotercera y decimocuarta celda	13,99 V
Decimoquinta y decimosexta celda	14,01 V
Decimoséptima y decimoctava celda	13,99 V
Decimonovena y vigésima celda	14,59 V



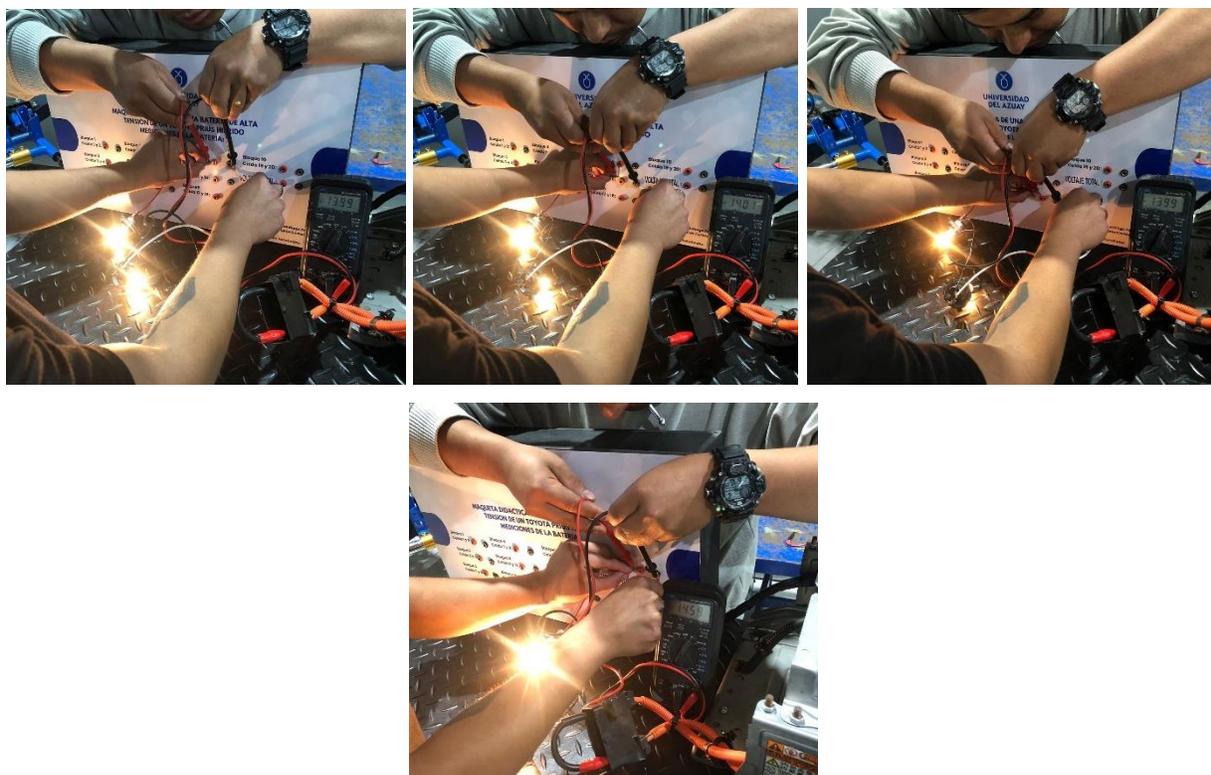


Figura 20. Medición de voltaje de salida en la batería (con carga).

Fuente: Autor

Al comparar las mediciones de las tablas 2 y 3, es posible identificar una caída de voltaje de aproximadamente 1V en cada celda.

Tabla 4. Comparación de mediciones con y sin carga

<i>Caída de voltaje</i>			
	Medición en vacío	Medición con carga	Diferencia de Voltaje
Primera y segunda celda	15,05 V	13,98 V	1,07 V
Tercera y cuarta celda	14,91 V	14,04 V	0,87 V
Quinta y sexta celda	14,85 V	13,88 V	0,97 V
Séptima y octava celda	14,83 V	14,24 V	0,59 V
Novena y décima celda	14,74 V	13,95 V	0,79 V
Undécima y duodécima celda	14,76 V	13,77 V	0,99 V
Decimotercera y decimocuarta celda	14,78 V	13,99 V	0,79 V
Decimoquinta y decimosexta celda	14,9 V	14,01 V	0,89 V
Decimoséptima y decimoctava celda	14,98 V	13,99 V	0,99 V
Decimonovena y vigésima celda	15,01 V	14,59 V	0,42 V
		Promedio	0,84 V

Esta diferencia de voltaje entre las mediciones con y sin carga, evidencian el consumo que se genera, en este caso, por los alógenos. Esto indica que la batería debe dimensionarse para soportar balanceadamente y administrar energía a todas las cargas que se conecten, en cada una de las celdas, o a la salida de la misma.

7 Conclusiones

- La construcción de un banco de pruebas con una batería híbrida ofrece un entorno controlado y seguro, lo que facilita el acceso de los estudiantes a una herramienta interactiva para comprender el funcionamiento de esta tecnología. Este tipo de banco permite que los estudiantes puedan educarse y experimentar con los principios que rigen el sistema de baterías híbridas, sin correr riesgos. Se permite la interacción con la batería de manera segura, ya que los terminales estarán accesibles solo a través de conexiones externas, denominadas borneras. Mientras que, las conexiones internas se encuentran debidamente elaboradas y protegidas. Este diseño asegura que los estudiantes puedan realizar conexiones y mediciones sin comprometer la integridad de la batería, favoreciendo una experiencia de aprendizaje que les brinda tanto la comprensión teórica como la práctica, sin exponer los componentes internos a posibles daños. Además, este enfoque reduce los riesgos de cortocircuitos o errores en las conexiones, lo que contribuye a crear un ambiente educativo más seguro y eficaz, porque se les proporciona una herramienta que asegura que no se producirán daños en el sistema eléctrico, antes y después de realizar prácticas o pruebas.
- Bajo este contexto, algunas de las pruebas que se pueden realizar con el modelo son:
 1. *Pruebas de carga*: medición de potencia total, evaluación de entrega de potencia máxima y potencia sostenida, análisis de rendimiento térmico, medición de pérdidas.
 2. *Pruebas de seguridad*: Ensayos de sobrecarga y cortocircuito controlado.
 3. *Pruebas de rendimiento energético*: conectando diversas cargas que potencialmente se incluirían en el diseño eléctrico final, como seguros automáticos, radios, luces o motores de ventanas.

- La comprobación de voltajes es fundamental para asegurar el buen funcionamiento de la batería, pues es un paso fundamental en el mantenimiento de estos sistemas. Tras efectuar intervenciones y realizar cortes, el verificar el suministro de voltaje, tanto en cada módulo, como en la salida, brinda información del estado general de la batería. En base a los resultados, se puede concluir que la batería empleada para la construcción del banco, se encuentra en óptimas condiciones de uso y brinda un medio útil, real y seguro para el estudio del funcionamiento de baterías híbridas.
- Con la documentación presentada, será más accesible para los estudiantes comprender el funcionamiento y cada una de las partes que conforman una batería híbrida, siendo esta una guía didáctica en la que se resume la importancia y función de cada una de las partes que conforman, tanto una batería híbrida convencional, como su análogo en el banco de pruebas elaborado. Además, se le proporciona a la institución, una herramienta educativa con la cual es posible interactuar con una batería híbrida real, sin necesidad de poner en riesgo un equipo funcional de un vehículo.

8 Recomendaciones

- Se recomienda en modelos futuros o actualizaciones, añadir un botón de encendido y apagado, así como la adición de seguridades mecánicas y eléctricas más sofisticadas, similares a las que se emplean en vehículos funcionales. Esto para evitar la corrosión y, por otro lado, proteger al usuario cuando se realicen mantenimientos.
- Durante su uso, se recomienda el empleo de cables con bornes redondos, adecuados para los bornes instalados en el panel, pues el uso de otro tipo de cable no permitiría la conducción correcta de electricidad e incluso, podría llegar a dañar el banco.
- Finalmente, se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico, que incluya la limpieza del banco, las terminales y la batería en general, así como la revisión de los sistemas de carga y BMS, a fin de prolongar su vida útil y mantenerlo funcional y óptimo.

9 Referencias

- Araujo, E. (2015). *Estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido Toyota Prius*. Facultad de Ingeniería Automotriz: Universidad Internacional del Ecuador UIDE.
- Bustamante, C. (2022). *Realizar el análisis comparativo del rendimiento de un híbrido Toyota Prius frente un vehículo eléctrico Kia Soul EV*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., y Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166-176. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.202>
- Donado, A. (2021). *La Batería de Alta Tensión en Vehículos Híbridos*. Autosoprote Capacitación Automotriz: <https://autosoprote.com/la-bateria-de-alta-tension-en-vehiculos-hibridos/>
- Fernández Palomeque, E. E., Chuisaca Buestan, W. F., y Zúñiga Cabrera, J. A. (2024). *Diseño y construcción de un analizador de celdas de baterías de vehículos híbridos y eléctricos*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Gómez, M., Hidalgo, D., Erazo, G., y Quiroz, J. (2019). *Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico, para reparación y mantenimiento de baterías híbridas*. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica: Universidad De Fuerzas Armadas ESPE.
- Marcelo Gómez, D. H. (17 de junio de 2014). *google academico*. Retrieved 17 de junio de 2014, from google academico: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/93988900/AC-ESPEL-MAI-0461-libre.pdf?1668096175=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DArticulo_Cientifico_Disenoy_construccion.pdf&Expires=1727038365&Signature=ILwtH4ihqEk
- Mendez, R. (2015). *Estudio y análisis del conjunto de baterías del vehículo híbrido toyota prius modelo A*. Guayaquil: Universidad Internacional Del Ecuador.
- PLAZA MOTORS S.A. (2024). *Todo sobre las baterías de vehículos híbridos*. Chery: <https://www.chery.com.pe/blog/baterias-de-vehiculos-hibridos>
- Toyota CO. (2024). *2024 Prius*. <https://www.toyota.com/prius/prius-features/performance/>
- Toyota Ecuador. (2022). *Toyota Modelos*. <https://www.toyota.com.ec/>