

Análisis de las potencialidades de un laboratorio para pruebas y homologación de baterías para vehículos eléctricos

Analysis of the potential of a laboratory for testing and approval of batteries for electric vehicles

Antonio Villasol López^I; Raynel Díaz Santos^I, Miguel Castro Fernández^I

^IUniversidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE, La Habana, Cuba

*Autor de correspondencia: antoniovi@electronica.cujae.edu.cu

Recibido: 5 de enero de 2022

Aprobado: 12 de marzo de 2022

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 

RESUMEN/ABSTRACT

En el presente trabajo se abordan los avances tecnológicos actuales en el desarrollo de instalaciones para la prueba y homologación de las baterías a utilizar en los vehículos eléctricos, a fin de analizar los principales aspectos a tener en cuenta para el diseño y posible puesta en marcha de laboratorios de este tipo en el país. Así mismo, se analizan las técnicas y procedimientos más aplicados en el mundo en lo referente a diagnóstico y certificación de baterías para vehículos eléctricos. Partiendo de estos análisis, así como de los requerimientos de seguridad que deben poseer dichas baterías y el equipamiento requerido para su funcionamiento, el costo aproximado de la adquisición, se estudian las potencialidades para su construcción en el país. Los resultados de la investigación demuestran los beneficios que se alcanzarían con la puesta en funcionamiento de dicho laboratorio, a partir de los beneficios que genera su utilización en el país.

Palabras Clave: vehículos eléctricos, baterías para autos eléctricos, laboratorio de pruebas de baterías

This paper addresses the current technological advances in the development of facilities for the testing and approval electrical vehicles batteries. Also, the main aspects for the design this kind of laboratory were analyzed with the objective in the near future in Cuba we will build it. Likewise, the most applied techniques and procedures in the world related with diagnosis and certification of electric vehicles batteries were studied. Based on these studies, the safety requirements and the equipment required for made the tests of those batteries were also considerate where the rough acquisition cost and the potential for the implementation in the country was estimated. The results of the investigation demonstrate the benefits of the implementation of this kind battery labs would be achieved, based on the profits it will generate by its use in the country.

Keywords: electric vehicles, electrical vehicles batteries, battery labs.

INTRODUCCIÓN

A partir del acelerado crecimiento de la población, el desarrollo económico y los avances tecnológicos en el mundo, los niveles de consumo de energía a nivel mundial son cada vez mayores, lo que ha propiciado el desarrollo de los sistemas para su almacenamiento. Las baterías son una de las pocas formas confiables de almacenar la energía eléctrica convirtiendo la energía eléctrica, en energía química y viceversa.

Cómo citar este artículo:

Antonio Villasol López, et al. Análisis de las potencialidades de un laboratorio para pruebas y homologación de baterías para vehículos eléctricos. Ingeniería Energética. 2023. 44 (1), enero/abril. ISSN: 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

De esta manera se puede disponer de energía eléctrica cuando se requiera sin depender de la red. El desarrollo alcanzado en los últimos años de nuevas aplicaciones (vehículos eléctricos, sistemas fotovoltaicos, sistemas de alimentación ininterrumpida, etc.), han propiciado el surgimiento y desarrollo de nuevas tecnologías de baterías, cada vez más eficientes y confiables [1]. Si bien, los fabricantes de baterías para vehículos eléctricos han logrado el desarrollo de tecnologías con una mayor eficiencia, aun se hace extremadamente necesario precisar la estimación del comportamiento de las mismas en tiempo real, así como la apreciación de su comportamiento. A tal efecto, en el cuerpo del trabajo se desarrolla un análisis exhaustivo de todos los elementos que intervienen en el diseño de una instalación para el diagnóstico y certificación de baterías a emplear en vehículos eléctricos.

MÉTODOS

Para llevar a cabo la investigación se ejecutó una investigación deductiva sobre el tema, comenzando por los tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos, con lo que se logra alcanzar una visión general del tema de estudio. Por otra parte, se realizó una investigación descriptiva para comprender el funcionamiento de las mismas, los requisitos de seguridad que deben cumplir para su utilización y las técnicas y equipamiento empleados para su diagnóstico y certificación, y poder así entender las condiciones técnicas necesarias para el diseño de la instalación. A través de un estudio de mercado, se plantea una visión general de la inversión inicial requerida para la compra del equipamiento del laboratorio y los costos aproximados de su adquisición sobre la base de costos promedios de las tecnologías, partes y componentes.

Estudio de las baterías empleadas en vehículos eléctricos

Como punto de partida para la ejecución del estudio de las baterías empleadas en vehículos eléctricos, fue necesario realizar un análisis integral teniendo en cuenta los elementos que se relacionan a continuación:

- Principio de funcionamiento.
- Clasificación.
- Tipos.
- Cuidados, mantenimiento y precauciones para su utilización.
- Parámetros de seguridad que deben cumplir.

Análisis de las técnicas y equipamiento empleado en la prueba y homologación de las baterías a emplear en vehículos eléctricos

Para la ejecución del análisis se realizó un estudio para obtener la familiarización con las tecnologías desarrolladas para la prueba y certificación de las baterías a utilizar en vehículos eléctricos a nivel internacional. En este sentido se logró determinar que hay dos grupos de ensayos de las baterías: los ensayos o *tests* de abuso y validación de seguridad, y las pruebas de envejecimiento y rendimiento.

Valoración del costo preliminar

Se lleva a cabo a partir de la valoración de los costos requeridos para la adquisición del equipamiento indispensable para el laboratorio con el fin de determinar la inversión inicial requerida para la puesta en funcionamiento del laboratorio, teniendo como base el análisis de la oscilación de sus precios en el mercado internacional.

Resultados obtenidos

Estudio de las baterías empleadas en vehículos eléctricos

Las baterías son dispositivos de almacenamiento energético que disponen de celdas electroquímicas capaces de generar corriente eléctrica a partir de la energía química almacenada. Esta generación se produce gracias al proceso reversible conocido como redox (reducción-oxidación), que consiste en el intercambio de electrones entre los diferentes metales presentes en su interior. Dichos metales reciben el nombre de electrodos, denominados cátodo (borne positivo) y ánodo (borne negativo), y se encuentran sumergidos en una solución iónica llamada electrolito, la cual permite el movimiento de iones. Así, gracias a este movimiento de iones, la corriente puede fluir fuera de la batería para alimentar el circuito eléctrico [2, 3]. Las mismas se clasifican en:

- Primarias: su carga no puede ser renovada cuando se agota, excepto sustituyendo las sustancias químicas que las componen. Su campo de aplicación se enmarca fundamentalmente dentro de las potencias bajas y de ahí que sean generalmente pequeñas [1].

- Secundarias: son susceptibles a su reactivación, sometiéndolas al paso más o menos prolongado de una corriente eléctrica, en sentido inverso a aquél en que la corriente de la pila fluye normalmente. Estas se comercializan en un amplio margen de capacidades, desde capacidades bajas (algunos cientos de miliamperios-hora), hasta capacidades medias y altas (varias decenas o centenas de amperios-hora), [1].

Dado que el trabajo se centra en el estudio de las tecnologías aplicadas a los vehículos eléctricos, solo son analizadas las secundarias. En este punto, dudar de que la batería de un automóvil eléctrico es un elemento básico sería extraño, ya que los avances en este campo marcan el porvenir de los mismos, algo lógico teniendo en cuenta que todo el proceso de desarrollo de este tipo de vehículo gira entorno a la batería.

Dentro de los principales tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos en la actualidad se pueden mencionar las siguientes:

1. Plomo-Ácido
2. Níquel-Cadmio
3. Níquel-Hidruro metálico
4. Polímero de Litio (LiPo)
5. Ion de Litio con cátodo de LiCoO_2
6. Litio Fosfato Hierro (LiFePO_4)
7. Litio Ternaria (batería de material ternario)

Es conviene recordar las principales características que presentan cada uno de estos tipos de tecnología de baterías, por lo que ha continuación se mencionan algunas de ellas.

En cuanto a las baterías de plomo-ácido se tiene que:

Plomo-Ácido

1. Tecnología totalmente establecida, con una alta tensión por celda (2 V/celda), lo que permite obtener baterías de mayor tensión con un número menor deceldasconectadasen serie.
2. Excelente capacidad para suministrar picos de corriente elevados durante ladescarga.Su tasa de auto – descarga mensual es de las más bajas, aproximadamente un 5%.
3. Facilidad dereciclado.
4. Corta vida cíclica (500 ó 600 ciclos de carga–descarga).
5. No admiten carga rápida, por lo que necesitan largos períodos de tiempo para larecarga.
6. Baja resistencia ante sobrecargas y descargas accidentales.
7. Se ven seriamente afectadas por la corrosión de sus electrodos. Necesidad de mantenimiento periódico.

En cuanto a las baterías de níquel-cadmio se puede decir que:

Níquel-Cadmio

1. Tecnología muy establecida, con un adecuado comportamiento en un amplio rango de temperaturas (entre 40 °C y 60°C).
2. Admiten sobrecargas
3. Son de una vida cíclica larga (superiora los 1500 ciclos, de dos a tres veces lo alcanzado por la tecnología deplomo–ácido).
4. Gran robustez ante abusos eléctricos ymecánicos.
5. Gran fiabilidad, no fallan de manera repentina como las baterías de plomo–ácido.
6. Dentro de los componentes utilizados en su fabricación, se encuentran elementos altamente contaminantes y que obligan a incrementar la eficiencia en el proceso de reciclaje de dichas baterías una vez que quedan fuera deservicio.
7. Autodescarga de un 10% mensual.
8. Efecto de memoria elevado, por lo que sufren un envejecimiento prematuro.

En cuanto a las baterías de níquel-hidruro metálico se conoce que:

Níquel-Hidruro Metálico

1. Tecnología libre de cadmio (menos contaminante).
2. Granseguridad.
3. Elevada razón de autodescarga, entre un 15 y un 20% pormes.
4. No admiten grandes descargas.
5. Bajo nivel de tensión por celda (1,2V).
6. Vida media de aproximadamente 300–500 ciclos de carga (en función delfabricante).

En cuanto a las baterías de Polímero de Litio (LiPo) se conoce que:

Polímero deLitio(LiPo)

1. Tecnología en desarrollo.
2. Pueden empaquetarse de múltiples formas.
3. Alta densidad deenergía.
4. Pocopeso.
5. No necesitan mantenimiento.
6. Sin efectomemoria.
7. Bajo porcentaje de autodescarga.
8. Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de tensión, se debe almacenar en lugar frío al 40% de sucarga.

En cuanto a las baterías de Ion de Litioconcátodo de LiCoO_2 se tiene que:

Ion de Litio concátodo de LiCoO_2

1. Batería con la mayor densidad energética y energía específica del mercado.
2. Alta tensión por celda 3.6-3.7 V
3. No posee efecto memoria.
4. Tasas de autodescarga inferior al10%.
5. No está fabricada con productos tóxicos.
6. Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales.

En cuanto a las baterías de Litio Fosfato Hierro (LiFePO_4) se tiene que:

Litio Fosfato Hierro (LiFePO_4)

1. Alta tensión en circuito abierto 3,3V.
2. No posee efecto memoria.
3. No está fabricada con productos tóxicos.
4. Es la batería perteneciente a la familia del litio que mejor tolera las altas temperaturas.
5. Supera los 2000 ciclos de vida, con una vida útil estimada superior a los 10 años.
6. Buena capacidad para soportar sobrecargas, con una elevada energía específica y densidad energética.
7. Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales (menor tendencia al desequilibrio).

En cuanto a las baterías de Litio Ternaria (batería de material ternario) se conoce que:

LitioTernaria (batería dematerialternario)

1. Batería de litio que utiliza níquel-cobalto-manganeso (NCM) o material de cátodo ternario de níquel-cobalto-litio (NCL).
2. Se puede dividir enbateríasde paquete blando, baterías cilíndricas y baterías cuadradas de cubierta dura.
3. Su tensión nominal puedealcanzar3.6-3.8Vporcelda
4. Tiene alta densidad de energía, plataforma de tensión más alta, alta densidad de derivación, largo alcance de crucero, gran potencia de salida,
5. Baja estabilidad a alta temperatura
6. Elevado costo en la actualidad.

Otro elemento a resaltar dentro de las baterías de los autos eléctricos está relacionado con los cuidados, mantenimientos y precauciones para el uso de estas. A continuación, se realiza una breve descripción de estos detalles a tener en cuenta por cada una de las tecnologías analizadas.

En cuanto a las baterías de plomo-ácido se tiene que:

Plomo-Ácido

1. Pérdida de material activo: Los ciclos (un ciclo completo es igual a una carga más una descarga) son el factor más influyente. El efecto de una repetitiva transformación química del material activo en las placas tiende a disminuir su cohesión, cuestión que hace que el líquido activo se almacene en la parte más profunda de la batería y su aprovechamiento sea más difícil [1, 5]. Disponible en: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/1030-bater%C3%ADas-de-veh%C3%Articulos-electricos-br.html> , “Baterías de Vehículos Eléctricos-BR”
2. Corrosión de la placa positiva: Este proceso sucede al cargar la batería sobre todo en la última fase de carga, cuando la tensión es superior. Es un proceso lento pero continuo cuando la carga de la batería se encuentra en fase de mantenimiento. La corrosión hará que aumente la resistencia interna con la consecuente posible desintegración de las placas positivas [1, 5].
3. Sulfatación: Contrariamente a los dos factores anteriores de envejecimiento de las baterías, la sulfatación puede evitarse con el cuidado de la batería. Cuando una batería se descarga, la masa activa de los polos positivo y negativo se convierte en pequeños cristales de sulfato [1, 5].

En cuanto a las baterías de níquel-cadmio se puede decir que:

Níquel-Cadmio

1. Carga Flotante: Se aplica una tensión constante en los terminales de una batería cargada completamente para producir una pequeña corriente de carga, usada para contrarrestar los efectos de la autodescarga [5].
2. Reacondicionamiento: La batería es descargada en su totalidad y vuelta a cargar para mitigar los efectos de la degradación reversible [1, 5].
3. Reposición de agua: Es necesario añadir agua destilada a cada celda individual para compensar las pérdidas debidas a la evaporación y la electrólisis [1, 5].

En cuanto a las baterías de níquel-hidruro metálico se conoce que:

Níquel-Hidruro Metálico

1. No desechar baterías sometiéndolas a combustión o colocándolas entre residuos normales ya que pueden explotar cuando se las acerca al fuego y pueden constituir un residuo peligroso, así como contaminar el medio ambiente [5].
2. Cuando las baterías no están instaladas en la unidad o en el cargador es necesario guardarlas en un recipiente limpio y seco que no sea conductor [5].
3. Se deben cargar las baterías mientras están colocadas en la unidad o cuando se utilice un cargador adecuado, ya que pueden producirse explosiones [5].
4. Utilizar y almacenar las baterías en lugares cuya temperatura no supere los 50°C [5].

En cuanto a las baterías de Polímero de Litio (LiPo) se conoce que:

Polímero de Litio (LiPo)

1. Emplear sólo cargadores específicos para baterías de Polímero de Litio (LiPo). En caso contrario puede provocar un incendio que derive en daños personales o materiales [5].
2. Nunca cargue las baterías LiPo sin estar presente. Siempre debe vigilar el proceso para poder reaccionar ante cualquier problema que se pudiese plantear [5].
3. En caso de golpe, debe observar durante 15 minutos la batería en un lugar seguro como el que describimos en el punto 3, [5].
4. Si por cualquier razón tiene que cortar los terminales de la batería, hágalo uno por uno para no correr el riesgo de provocar un cortocircuito [5].

En cuanto a las baterías de Ion de Litioconcátodo de LiCoO_2 se tiene que:

Ion de Litioconcátodo de LiCoO_2

1. Protección electrónica (BMS): El circuito de protección BMS es el cerebro de la batería que controla multitud de parámetros [1,6].
 - a. Protección contra cortocircuito.
 - b. Protección contrasobrecarga.
 - c. Protección contra corriente.
 - d. Protección contra sobrecarga.
 - e. Protección contra sobretensión
2. Aviso de carga: Solo deben ser cargadas con el cargador suministrado por el fabricante o bien con los que operan los mismos parámetros que los oficiales [1,6].
3. Modo de empleo: Conectar el cargador a la red eléctrica y este a la batería, y no desconectarlo hasta que finalice el proceso de recarga [1,6].

Disponible en: https://es.everexceed.com/blog/an-lisis-de-datos-del-ciclo-de-la-bater-a-de-litio-con-curvas-y-ecuaciones_b180, “Análisis de datos del ciclo de la batería de litio con curvas y ecuaciones”.

En cuanto a las baterías de Litio Fosfato Hierro (LiFePO_4) se tiene que:

Litio Fosfato Hierro (LiFePO_4)

Precauciones: Para obtener una mejor vida útil de su batería, se deben tener en cuenta los aspectos que se relacionan a continuación [1, 5, 6].

1. Mantener la batería fresca y seca y alejada de la luz solar directa (que aumenta innecesariamente la temperatura de la celda).
2. Verificar que los terminales de la batería estén apretados de manera regular, especialmente si conduce sobre muchas corrugaciones y no tienen ningún tipo de corrosión.
3. Para el almacenamiento prolongado de dichas baterías atenderá los elementos que se exponen seguidamente [1,5, 6].
4. Almacenarlas en lugares frescos y secos, idealmente entre 10 y 45 °C.
5. Evitar almacenarlas en pisos de concreto.

Disponible en: <https://manuals.plus/es/toda-chispa/manual-de-%20bater%C3%ADas-de-fosfato-de-%20hierro-y-litio>, “del usuario de las baterías de fosfato de hierro y litio”

En cuanto a las baterías de Litio Ternaria (batería de material ternario) se conoce que:

Litio Ternaria (batería de material ternario)

Seguridad [6]:

1. Emplear sólo cargadores específicos.
2. Nunca realizar la carga de las baterías sin estar monitorizándolas. Siempre debe vigilar el proceso de carga para poder reaccionar ante cualquier problema que pudiese ocurrir.
3. Si en cualquier momento observa deformación o derrame de líquido, desconecte la batería inmediatamente y observarla durante 15 minutos en un lugar seguro a fin de prevenir cualquier reacción anómala.

Almacenamiento y transporte [6]:

1. Guardar las baterías en lugares con temperaturas entre 4y27°C para mantenerlas en perfecto estado.
2. No exponer las baterías a la luz directa del sol durante periodos largos de tiempo.
3. Durante el transporte de las baterías, la temperatura debe mantenerse siempre entre -5 y 66°C.

Los recientes avances en la tecnología de las baterías y el aumento de la popularidad de los vehículos eléctricos están cambiando la forma en que suministran energía a las vidas y a las áreas de trabajo de las personas. Se proyecta que las baterías más nuevas, menos pesadas y con mayor densidad de energía revolucionarán muchas industrias en los próximos 10 años.

Sin embargo, a pesar de estos avances, siguen existiendo riesgos para la salud y la seguridad, los cuales se relacionan a continuación [7]: Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjjhcyeww_9AhUHmYQIHauzDUMQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tdi.texas.gov%2Fpubs%2Fvideoresources%2Fspfsvehiclebat.pdf&usg=AOvVaw0_C7RDV8G0POt_0YDNy8Lt, “Hoja Informativa de Seguridad para las Baterías de Vehículos”

- Gases inflamables: Recargar, mover o agitar una batería de plomo ácido puede producir una mezcla explosiva de gases de hidrógeno y oxígeno que se escapan a través de las rejillas de ventilación de la batería. Dichos vapores, si se acumulan en un área pequeña, se encienden fácilmente y pueden ocasionar un incendio o una explosión. Una batería que explota puede causar lesiones graves debido a los pedazos del recipiente que vuelan y el ácido que se derrama. La mayoría de las baterías modernas incluyen un supresor de llamas, el cual es un filtro poroso en las rejillas de ventilación de la batería, diseñado para evitar que las llamas entren en la batería. Sin embargo, es vitalmente ver la no presencia de cualquier modo de ignición, tal como fumar, llamas abiertas o artículos que produzcan chispas, como las molidoras, los soldadores u otros equipos eléctricos, lejos de las baterías.
- Lesiones físicas causadas por el peso de la batería: Mover las baterías de manera incorrecta puede causar torceduras, distensiones, o lesiones.
- Riesgos ambientales: Las baterías de plomo ácido y de EV representan una amenaza para el medio ambiente si no se desechan de manera adecuada. Los derrames de ácido no contenidos pueden contaminar el suelo y el agua subterránea. También puede transmitirse por el aire cuando se seca, provocando una posible irritación de los tejidos y daños permanentes [7].

Los riesgos de accidentes de batería en vehículos eléctricos son bajos. Sin embargo, el principal peligro potencial es la electrocución si el vehículo se enciende accidentalmente al momento de ser reparado. Para abordar esta preocupación, muchas compañías automotrices han instalado un interruptor de seguridad que desconecta la batería del sistema eléctrico del vehículo. Otra característica de seguridad que han instalado los fabricantes de automóviles son los cables de alto voltaje codificados por colores para advertir sobre una posible descarga eléctrica. La mayoría de los cables son naranjas, pero en algunos modelos, los cables son azules [7].

Entre las principales precauciones a tener en cuenta cuando se trabaja con las baterías de los EV se encuentran:

1. Mantener el llavero remoto alejado del vehículo para evitar cualquier operación accidental de los sistemas eléctricos o movimiento del vehículo.
2. Examinar el vehículo en busca de señales de daños en los componentes eléctricos o en el cableado de mayor tensión.
3. Evitar el contacto con los cables de alto voltaje hasta que la batería del EV se haya desconectado.
4. Aislar (desconectar y asegurar) el sistema de la batería para que no se pueda volver a encender accidentalmente antes de que se complete el trabajo.
5. Utilizar herramientas y equipos de prueba aislados, ya que las baterías y los componentes aislados del vehículo pueden seguir teniendo grandes cantidades de energía y alto voltaje incluso después de haber sido desconectados.
6. Consultar la información suministrada por el fabricante sobre cómo descargar la energía almacenada.
7. Utilizar las medidas de control del fabricante después del accidente de un vehículo eléctrico (el daño puede hacer que sea imposible de aislar completamente el sistema eléctrico de alta tensión o descargar la energía almacenada).

Por otra parte, las baterías a utilizar en vehículos eléctricos deberán cumplir con todos los parámetros de seguridad establecidos en la Norma Internacional ISO 6469 [8], la cual está en proceso de adopción en el país.

Análisis de las técnicas y equipamiento empleado en la prueba y homologación de las baterías a emplear en vehículos eléctricos

El desarrollo de una batería a utilizar en un vehículo eléctrico debe adaptarse a muchos parámetros que entran en conflicto a la hora de encontrar una solución que cumpla con las expectativas mínimas: la degradación de la capacidad, la densidad de energía, la potencia, la seguridad, la integración, la experiencia general de conducción, el coste y el embalaje físico. La batería de un vehículo eléctrico debe pasar por muchos ensayos antes de alcanzar la madurez de producción.

Este programa abarca desde pruebas de seguridad y de uso indebido, hasta el rendimiento de las celdas, la vida útil, la influencia de la temperatura, el sistema BMS (Battery Management System), así como el autodiagnóstico y la exposición ambiental [9].

En función de comprobar el cumplimiento de los parámetros de operación y seguridad a cumplir por las baterías a emplear en los vehículos eléctricos, se reportan un grupo de pruebas (ensayos) a ejecutar y el equipamiento requerido para su realización, todo lo cual se expone en las tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1. Pruebas tests de abuso y validación de seguridad. Fuente: elaboración propia

Pruebas (ensayos) o tests de abuso y validación de seguridad		
Prueba	Función	Equipamiento necesario
Térmica	Se ejecuta con el objetivo de evaluar la integridad del sello y las conexiones eléctricas internas de una batería, después de la exposición de la misma a variaciones extremas y rápidas de temperaturas.	Para la ejecución de la misma se requiere de una cámara climática con control de temperatura (entre +78 y -45 °C en menos de 30 minutos).
Medición de vibración	Simula el efecto del tipo de vibración que podría aplicarse a una batería durante su transporte.	Para la ejecución del ensayo se emplea una cámara climática para la realización de ensayos combinados con vibración.
Prueba de choque	Se ejecuta con el objetivo de valorar el comportamiento de la batería ante la ocurrencia de un impacto.	Para la ejecución del ensayo se emplea un equipo de prueba de choque mecánico para baterías.
Cortocircuito Externo	Sirve para determinar la capacidad de una batería para soportar un flujo máximo de corriente sin consecuencias adversas.	Para la ejecución de la misma, se debe calentar la batería hasta una temperatura estable de +54°C en cámara climática.
Prueba de impacto	Simula la agresión mecánica de un impacto o aplastamiento que puede producir un	Para la ejecución del ensayo se emplea un equipo de prueba de choque mecánico para baterías.
Medición de sobrecarga	Se ejecuta para evaluar la capacidad de una batería para resistir un estado de sobrecarga.	Para la ejecución del mismo se emplea un equipo para pruebas de carga y descarga de baterías.
Descarga forzada	Se ejecuta para evaluar la capacidad de una batería para resistir un estado de descarga forzada.	Para la ejecución de dicho ensayo, se emplea un equipo para pruebas de carga y descarga de baterías.
Simulación de altitud	Se ejecuta con el objetivo de evaluar el comportamiento de las baterías en condiciones de	Para su ejecución se emplea una cámara climática.

Si bien en las tablas anteriores quedaron evidenciadas todas las pruebas necesarias a ejecutar, así como el equipamiento requerido para su ejecución, es importante también tener en cuenta los medios de seguridad que hacen falta para el correcto funcionamiento del laboratorio, lo cual se presenta en la tabla 3.

Tabla 2. Pruebas de envejecimiento y rendimiento. Fuente: elaboración propia

Pruebas de envejecimiento y rendimiento		
Prueba	Función	Equipamiento necesario
Envejecimiento por ciclos de descarga	Se ejecuta con el objetivo de establecer el nivel de envejecimiento de las baterías a partir de los ciclos de carga/descarga de las mismas.	Para la ejecución de dicho ensayo, emplea un equipo para pruebas de carga y descarga de baterías.
Prueba de impedancia	Se realiza para determinar el tiempo de vida útil de la batería.	Para la ejecución de dicho ensayo, se emplea un equipo para pruebas de impedancia.
Análisis de la tensión y corriente de flotación, y de la corriente de rizado	Se realiza para valorar el comportamiento de la batería durante el período de análisis.	Para la realización de la prueba, se emplean: • Analizador de redes. • Multímetro de resistencia con aislamiento. • Medidor de corriente AC/DC digital de pinza pequeña.
Análisis de la temperatura de operación	Para el correcto funcionamiento de una batería y que el ciclo de vida sea el estimado, es necesario que la misma trabaje en un rango de temperatura adecuado.	Para la realización del ensayo se emplea mediante un termómetro infrarrojo.
Detección de fallas a tierra	Se ejecuta con el objetivo de velar que la batería cumpla los parámetros de seguridad establecidos.	Para la realización del ensayo se emplea un equipo localizador de fallas a tierra.
Evaluación del nivel de aislamiento	Se ejecuta para detectar si existen fugas o averías en el sistema de aislamiento.	Para la ejecución de la prueba se emplea un equipo de medición de resistencia de aislamiento.

Tabla 3. Elementos necesarios para la seguridad de las actividades a realizar en el laboratorio de baterías.

Fuente: elaboración propia

Elemento	Características
Alfombra de aislamiento eléctrico	Alfombra ignífuga aislante resistente al aceite y al ácido. Probada según IEC 61111, Clase 2, para tensiones de trabajo de hasta 17kV
Poste de rescate aislado	Aislamiento nominal a 45 kV. Con 1,65 m de largo. Peso 1Kg.
Guantes de seguridad totalmente aislados	Clase 0 clasificada para tensión de trabajo de 1000V. Se recomienda el uso de guantes de cuero para protegerse de los peligros mecánicos y los arcos eléctricos.
Guantes de flexión y agarre con aislamiento	Clase 0 clasificada para tensión de trabajo de 1000V. Estilo de flexión y agarre con características antideslizantes.
Guantes de cuero	Los guantes de cuero se usan sobre guantes aislantes para proteger contra los riesgos mecánicos y el arco eléctrico.
Pantalla protectora facial	Protege contra arcos eléctricos provocados por cortocircuitos. Certificado CE en EN 166 / EN 170, 1000V nominal. Pantalla de policarbonato con
Juego de herramientas con aislamiento	Está especialmente diseñado para que el trabajo en sistemas eléctricos y cableados sea más seguro; cada herramienta debe estar aislada y probada a un voltaje de

Costo preliminar

A partir de los requisitos técnicos a cumplir por el equipamiento necesario para la ejecución de los ensayos, en la tabla 4, se muestra el costo aproximado de cada equipo y/o elemento necesario para trabajar en un laboratorio de ensayos y homologación de baterías, basado en los costos promedios obtenidos en Internet de los mismos.

Tabla 4. Costos (promedios) asociados a los equipos y elementos de diagnóstico y seguridad. Fuente: elaboración propia

Equipo	Cantidad	Valor total(MUSD)
Cámara de prueba de fiabilidad climática (Análisis detemperatura,humedad, presión yvibración).	1	47,50
Probador de impacto de choque debaterías.	1	24,50
Equipo para ensayos de carga y descarga debaterías.	2	55,00
Equipo para pruebas de impedancia debaterías.	2	40,00
Analizador deredes.	1	20,00
Multímetro de resistencia conaislamiento.	3	2,48
Medidor de corriente AC/DC digital de pinzapequeña.	3	2,48
Termómetroinfrarrojoprofesional.	2	1,30
Equipo para la localización de fallas a tierra enbaterías.	2	33,00
Equipo para la medición de resistencia deaislamiento.	3	4,50
Alfombra de aislamientoeléctrico.	2	2,15
Poste de rescate aisladoeléctricamente.	2	0,60
Guantes de seguridad totalmente aislados (clase0).	3	1,04
Guantes de flexión y agarre con aislamiento eléctrico (clase0).	3	0,68
Guantes decuero.	3	0,60
Pantallaprotectorafacial.	3	0,93
Juego de herramientas totalmente aisladas hasta 1000 V	2	2,00
Total		238,74

Como se observa en la tabla anterior, para la adquisición del equipamiento necesario para el completamiento del laboratorio se requiere de una inversión inicial aproximada de unos 238,74MUSD.

CONCLUSIONES

En Cuba no existe un laboratorio con estas condiciones, por lo que la introducción masiva de vehículos eléctricos impone la necesidad de tener una instalación de este tipo, ubicada en una institución que no se haya icomprado a, vendedora o productora de los mismos, como puede ser el MINDUS, las suministradoras nacionales y/o internacionales, ni utilice los mismos a gran escala, como pueden ser flotas deTRANSTUR, ETECSA, Empresa Eléctrica, Gobiernos territoriales, etc.

REFERENCIAS

- [1] Peña Ordóñez, Carlos. “Estudio de baterías para vehículos eléctricos”. Universidad Carlos III de Madrid. Tesis de Grado, 2011 [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] Lorentetres, Alberto. “Banco de pruebas para baterías”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, España. Tesis de grado, 2012. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/6707/577956.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Mesa Lozano, Antonio. “Diseño y montaje de una bancada de laboratorio para ensayar baterías de litio”. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis de grado, 2019. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/56832/1/TFG_ANTONIO_MESA_LOZANO.pdf

- [4] Xinxiang Hezon Xinhui VehicleCo., Ltd. “Batería de litio terciaria y batería de fosfato de hierro y litio”. Vehículo Co., Ltd de Xinxiang Hezon Xinhui [online]. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.low-speed-vehicle.com/info/ternary-lithium-battery-and-lithium-iron-phosp-29516384.html>
- [5] Padrón Jabib, Fernando Antonio. “Manual de baterías y acumuladores”. Universidad Pontificia Bolivariana, 2013. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1536/MANUAL%20DE%20B%20C%20ASQUEDA%20R%20C%20PIDA%20PARA%20BATER%20C%20DAS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [6] Guía-Profi. “Pros y contras de las baterías de litio”Guía de consejos: Baterías de litio. Seguridad de productos [online]. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.jungheinrich-profishop.es/es/guia-profi/bateria-de-litio/>
- [7] Hoja Informativa de Seguridad para las Baterías de Vehículos. B.m.:TDI, Safety at Work.červenec 2020. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjjheyewc9AhUHmYQIHauzDUMQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tdi.texas.gov%2Fpubs%2Fvideoresourcessp%2Fspfsvehiclebat.pdf&usq=AOvVaw0_C7RDV8G0POt_0YDNy8Lt
- [8] International Standard ISO 6469-1. “Electrically propelled roadvehicles-Safetyspecifications-Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS)”.2019. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/68665.html>
- [9] Híbridos Eléctricos. “Conoce cómo se ponen a prueba las baterías de los vehículos eléctricos”. Híbridos y Eléctricos. [online]. [Consultado el 11 de febrero de 2022]. Disponible en: https://www.hibridosyelectricos.com/coches/asi-prueban-baterias-vehiculos-electricos_29401_102.html

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Antonio Villasol López: <https://orcid.org/0000-0002-1854-1716>

Diseño de la investigación, búsqueda bibliográfica, recopilación de datos, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido hasta su aprobación final.

Raynel Díaz Santos: <https://orcid.org/0000-0003-3134-1871>

Diseño de la investigación, recopilación de datos, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido y aprobación final.

Miguel Castro Fernández: <https://orcid.org/0000-0002-3983-469X>

Búsqueda bibliografía, recopilación de datos, análisis de los resultados y revisión del contenido del artículo y aprobación final.