



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA:

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, EFICIENCIA, Y VIDA DE SERVICIO DE UNA
BATERÍA REACONDICIONADA DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS XW20

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

LUIS DANIEL BASTIDAS TELLO

CARLOS PATRICIO ÁLVAREZ VIZCARRA

QUITO, 2021

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO


Ing. Denny Guanuche

CERTIFICA:

Que el trabajo “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, EFICIENCIA, Y VIDA DE SERVICIO DE UNA BATERÍA REACONDICIONADA DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS XW20” realizado por los estudiantes Luis Daniel Bastidas Tello y Carlos Patricio Álvarez Viscarra ha sido guiado y revisado periódicamente cumpliendo las normas establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. Este trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este. Autorizan los señores: Luis Daniel Bastidas Tello y Carlos Patricio Álvarez que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Quito, noviembre 2020



Ing. Denny Javier Guanuche Larco

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

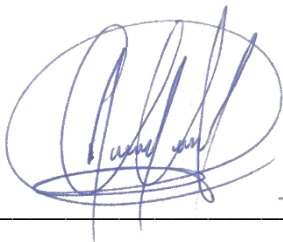
CERTIFICADO Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, Luis Daniel Bastidas Tello, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Yo, Carlos Patricio Álvarez Vizcarra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Internacional del Ecuador puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Quito, noviembre 2020



Luis Daniel Bastidas Tello



Carlos Patricio Álvarez Vizcarra

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado en primer lugar a mis padres quienes fueron los que me apoyaron, me guiaron y me impulsaron a terminar la carrera; de igual forma está dedicado a mi prometida quien estuvo conmigo y me motivo a seguir adelante a pesar de cada uno de los obstáculos que se me presentaron.

Entiendo que estas palabras no son suficientes para expresar mi gratitud hacia ellos, pero espero transmitan mis sentimientos de aprecio y cariño a todos ellos.

Luis Daniel Bastidas Tello

DEDICATORIA

Este trabajo es producto de esfuerzo y dedicación, el mismo que mi familia ha realizado para darme la educación que hoy tengo, es por ello por lo que este trabajo se los dedico a ellos y a quienes desde el cielo me cuidan y protegen para lograr cada cosa propuesta. Este trabajo es dedicado a mi pareja, quien me ha apoyado y me ha ayudado a abrir mi mente a cosas nuevas. En fin, este trabajo es dedicado a todo aquel que me apoyó y seguirá a mi lado.

Carlos Patricio Álvarez Vizcarra

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a mis padres, Luis Bastidas y Blanca Tello, por apoyarme económicamente anteponiendo mis necesidades en lugar que las suyas, de igual forma a mi prometida, Estefanía Garzón, por su cariño y apoyo incondicional, durante estos 5 años. Agradezco de igual a mi amigo, Carlos Álvarez, por haberme apoyado y brindado su ayuda. Finalmente, Agradezco a aquellos buenos profesores que dieron lo mejor de sí para compartir su experiencia; especialmente al Ing. Denny Guanuche quien fue nuestro guía durante todo este proceso.

Luis Daniel Bastidas Tello

AGRADECIMIENTO

Agradezco a quienes forman parte de mi círculo familiar por apoyarme en este largo camino. Ha sido un duro trayecto y gracias a mi gente he logrado mantenerme en pie y fuerte para culminar de forma exitosa esta carrera. Agradezco a dos de mis profesores en específico por haberme enseñado lo suficiente como para poder aplicarlo en mi vida profesional como personal y agradezco a aquellos que de igual forma. Finalmente agradezco a Dios por haberme permitido alcanzar los logros que hoy en día obtengo.

Carlos Patricio Álvarez Viscarra

ÍNDICE

CERTIFICADO	i
CERTIFICADO Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPITULO I.....	1
1. PRÓLOGO	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivo General	1
1.1.2. Objetivos Específicos	1
1.2. Justificación	2
1.3. Delimitación	3
CAPITULO II.....	4
2. FUNDAMENTACION TEORICA	4
2.1. Definición de vehículos híbridos, historia, Toyota e inicios	4

2.2.	Especificaciones técnicas Toyota Prius	6
2.3.	Ubicación y descripción de los componentes híbridos modelo 2010	7
2.4.	Batería híbrida en el Toyota Prius 1500cc segunda generación.....	8
2.5.	Funcionamiento de una batería híbrida	9
2.6.	Partes de una batería híbrida	10
2.6.1.	ECU de batería HV	10
2.6.2.	Relé principal del sistema.....	10
2.6.3.	Clavija de servicio / jumper	11
2.6.4.	Conjunto de celdas.....	12
2.6.5.	Sensores	12
2.6.6.	Actuadores	13
2.7.	Baterías de Níquel Metal Hidruro – Ion de Litio.....	14
2.7.1.	Baterías de níquel-metal-hidruro (NiMH)	14
2.7.2.	Baterías de Ion-litio.....	15
2.7.3.	Gestión de batería, control de temperatura	15
2.7.4.	Balaceo pasivo – Estado de salud de la batería HV	17
2.7.5.	Estado de carga – SOC.....	18
2.8.	Precauciones y consideración previas al proceso de interacción con elementos electrónicos en vehículos híbridos	19
2.9.	Procedimiento de montaje y desmontaje de la batería híbrida	23
CAPITULO III.....		24
3.	MATERIALES Y METODOS.....	24

3.1.	Materiales de fabricación	24
3.2.	Plano eléctrico del banco de pruebas	25
3.3.	Equipo para diagnóstico de baterías HV	26
3.4.	Funcionamiento del equipo para el diagnóstico de la batería	29
3.5.	Características y datos previos de la batería híbrida	30
3.6.	Desarrollo de las guías de práctica	31
3.7.	Procedimiento de análisis para comprobar el estado de la batería	59
3.7.1.	Procedimiento de análisis del rendimiento.....	65
3.7.2.	Procedimiento de análisis de la eficiencia	66
3.7.3.	Procedimiento de análisis de la vida útil/SOC.....	67
3.8.	Factores que intervienen en el rendimiento, eficiencia y vida útil de la batería 72	
3.9.	Cálculo de vida de operación de una batería HV reacondicionada	75
CAPITULO IV		78
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1.	Datos obtenidos post análisis del sistema	78
4.1.1.	Determinación de datos de la vida útil de las baterías (SOC), eficiencia y rendimiento	87
4.2.	Comparación de datos entre las diferentes baterías	91
4.3.	Síntomas y consecuencias de las fallas en una batería HV.	96
4.4.	Análisis general post reacondicionamiento	97
CAPITULO V		99

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1. CONCLUSIONES	99
5.1.1. Conclusión general	99
5.1.2. Conclusiones específicas.....	99
5.2. RECOMENDACIONES	101
6. BIBLIOGRAFÍA.....	104
7. ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. Ubicación y descripción de los componentes híbridos. Modelo 2010... 8	8
Ilustración 3. ECU de batería HV.	10
Ilustración 4. Relés de batería HV.....	11
Ilustración 5. Clavija de servicio y plug de batería HV.....	11
Ilustración 6. Packs/Celdas Batería HV.....	12
Ilustración 7. Sensor de Temperatura	13
Ilustración 8. Soplador de aire.	14
Ilustración 9. Etiqueta de precaución de la batería del HV.	20
Ilustración 10. Desconexión del Jumper.....	21
Ilustración 11. Advertencia al desconectar el sistema de alta tensión.	21
Ilustración 12. Consideraciones de seguridad previas al diagnóstico.	22
Ilustración 13. Consumidores alógenos para el procedimiento de descarga.	23
Ilustración 14. Circuito Eléctrico interno.	25
Ilustración 15. Voltímetros de equipo de comprobación de baterías HV.	27
Ilustración 16. Voltímetro general.....	27

Ilustración 17. Amperímetros de carga y de descarga	27
Ilustración 18. Interruptores de encendido de los consumidores para descarga.	28
Ilustración 19. Fotografía de los instrumentos del equipo de comprobación.	28
Ilustración 20. Toyota Prius Utilizado para el análisis del conjunto de baterías.	31
Ilustración 21: Pasos 1-3 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	32
Ilustración 22: Sub pasos para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	33
Ilustración 23: Paso 4 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	33
Ilustración 24: Paso 5 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	34
Ilustración 25: Sub pasos para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	35
Ilustración 26: Paso 6 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	35
Ilustración 27: Paso 7 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.	36
Ilustración 28: Paso 8 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	36
Ilustración 29: Imagen de la ubicación de los enganches de la toma de servicio. ...	37
Ilustración 30: Paso 9 para la manipulación de la batería HV.	38
Ilustración 31: Paso 10 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	38
Ilustración 32: Paso 11-12 para la manipulación de la batería HV.	39
Ilustración 33: Paso 13 para la manipulación de la batería HV.	40
Ilustración 34: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.	40
Ilustración 35: Paso 14 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	41
Ilustración 36: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.	41
Ilustración 37: Paso 15 para la manipulación de la batería HV.	42
Ilustración 38: Paso 16 para la manipulación de la batería HV.	42
Ilustración 39: Paso 17 para la manipulación de la batería HV.	43
Ilustración 40: Paso 18 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	43
Ilustración 41: Paso 19 para la manipulación de la batería HV.	44

Ilustración 42: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.....	44
Ilustración 43: Sub paso 3 para la manipulación de la batería HV.....	45
Ilustración 44: Paso 20 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	45
Ilustración 45: Paso 21 para la manipulación de la batería HV.	46
Ilustración 46: Paso 22 para la manipulación de la batería HV.	46
Ilustración 47: paso 23 para la manipulación de la batería HV.....	47
Ilustración 48: Paso 24 para la manipulación de la batería HV.	47
Ilustración 49: Paso 25 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	48
Ilustración 50: Paso 26 para la manipulación de la batería HV.	48
Ilustración 51: Paso 27 para la manipulación de la batería HV.	49
Ilustración 52: Sub paso 2 y 3 para la manipulación de la batería HV.....	49
Ilustración 53: Paso 28 para la manipulación de la batería HV.	50
Ilustración 54: Paso 29 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	50
Ilustración 55: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.....	51
Ilustración 56: Paso 30 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	51
Ilustración 57: Sub paso 4 para la manipulación de la batería HV.....	52
Ilustración 58: Paso 30 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	53
Ilustración 59: Sub paso 2 y 3 para la manipulación de la batería HV.....	53
Ilustración 60: Paso 32 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	54
Ilustración 61: Paso 33 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	54
Ilustración 62: Paso 34 y advertencia para la manipulación de la batería HV.	55
Ilustración 63: Sub pasos 3 y 4 para la manipulación de la batería HV.	56
Ilustración 64: Sub pasos 5 y 6 para la manipulación de la batería HV.	57
Ilustración 65: Sub pasos 7 y 8 para la manipulación de la batería HV.	58
Ilustración 66: Advertencia y precaución de la manipulación de la batería HV.....	59

Ilustración 67. Soporte de celdas. Celdas de Toyota Highlander.	61
Ilustración 68. Celdas colocadas y sujetadas al soporte y conectadas en serie.	61
Ilustración 69. Equipo de comprobación conectado a las celdas.	62
Ilustración 70. Equipo encendido en fase de descarga total de las celdas.	63
Ilustración 71. Curva de descarga de las celdas de Toyota Prius.	65
Ilustración 72. Curva de la variación de la carga vs tiempo de celdas de Toyota Prius.	78
Ilustración 73. Curva de la variación del amperaje de carga en relación con el tiempo.	82
Ilustración 74. Curva de la variación del amperaje de carga en relación con el tiempo de Honda Civic.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas del Toyota Prius, modelo 2010.....	6
Tabla 2. Ubicación y descripción de los componentes híbridos. Modelo 2010.	7
Tabla 3. Composición de batería híbrida Toyota Prius 2G.	9
Tabla 4. Datos del amperaje de carga vs tiempo.	79
Tabla 5. Datos de la descarga de las celdas del Toyota Prius. Voltaje, tiempo y amperaje de descarga.	81
Tabla 6. Datos del amperaje de carga vs el tiempo de carga.....	83
Tabla 7. Datos de descarga de celdas de Toyota Highlander.	84
Tabla 8. Datos obtenidos de amperaje de carga vs tiempo.....	85
Tabla 9. Datos de descarga de Honda Civic.	86
Tabla 10. Datos obtenidos para análisis del SOC, eficiencia y rendimiento de batería de Toyota Prius.....	88

Tabla 11. Datos obtenidos para determinación de SOC, eficiencia y rendimiento del Toyota Highlander.....	90
Tabla 12. Datos obtenidos de Honda Civic para interpretación de SOC, eficiencia y rendimiento.	91
Tabla 13. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V1.	92
Tabla 14. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V2.	92
Tabla 15. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V3.	93
Tabla 16. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V4.	93
Tabla 17. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V5.	94
Tabla 18. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V6.	95
Tabla 19. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V7.	95
Tabla 20. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V1 – V7. .	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plano eléctrico del banco de pruebas de baterías híbridas.	106
Anexo 2, Guía de Practica – datos previos, disposición y procedimientos.	107
Anexo 3. Guía de Practica – Hoja de recolección de datos.	108
Anexo 4. DTCs relacionados al sistema HV.	109
Anexo 5. DTCs relacionados al sistema HV.	110
Anexo 6. DTCs relacionados al sistema HV.	111

RESUMEN

Durante muchos años los vehículos híbridos han tratado de mitigar el impacto ambiental que han producido los vehículos de combustión interna, pero esto no se ha logrado en su totalidad debido a algunos factores tales como: el desconocimiento de la gente, o por los supuestos costos que estos vehículos requieren. Dentro del DMQ existen una buena variedad de estos vehículos, entre ellos el Toyota Prius, el cual cuenta con una batería, la cual fue analizada con la ayuda de un banco de pruebas de baterías híbridas de construcción artesanal, para determinar su rendimiento, eficiencia y vida útil, mediante pruebas de carga y descarga. Estas pruebas serán realizadas en base a un tiempo promedio establecido por el operario de la máquina. Es importante mencionar que al ser un equipo de construcción artesanal tendrá algunas diferencias con respecto a un equipo profesional, la diferencia más fundamental es el hecho de que este equipo no tiene la capacidad de mantener una corriente estable, esta variación se puede mitigar casi en su totalidad por la implementación de interruptores que deben ser activados manualmente. Por otro lado, con fines comparativos se analizó la diferencia que existe entre una batería nueva en relación con una remanufacturada, además de compararlas con baterías híbridas de otros modelos de vehículos como Toyota Highlander y Honda Civic. Finalmente, es crucial mencionar que, para alargar la vida útil de la batería, esta debe ser analizada y recalibrada cada cierto tiempo, ya que evadir estos mantenimientos preventivos pueden desencadenar problemas serios, no solo en la batería sino también en sistemas aledaños del vehículo.

Palabras Claves: baterías, pruebas, rendimiento, eficiencia, remanufacturada, híbrido, comparativas.

ABSTRACT

For many years, hybrid vehicles have tried to mitigate the environmental impact that internal combustion vehicles have produced, but this has not been fully achieved due to some factors such as: the ignorance of the people, or the alleged costs that these vehicles require. Within the DMQ there is a good variety of these vehicles, among them the Toyota Prius, which has a battery, which was analyzed with the help of a handmade hybrid battery test bench, to determine its performance, efficiency and useful life, through load and discharge tests. These tests will be carried out based on an average time established by the machine operator. It is important to mention that being an artisanal construction team it will have some differences with respect to a professional team, the most fundamental difference is the fact that this team does not have the ability to maintain a stable current, this variation can be mitigated almost in its Totality due to the implementation of switches that must be activated manually. On the other hand, for comparative purposes, the difference between a new battery in relation to a remanufactured one was analyzed, in addition to comparing them with hybrid batteries from other vehicle models such as Toyota Highlander and Honda Civic. Finally, it is crucial to mention that, in order to extend the useful life of the battery, it must be analyzed and recalibrated from time to time, since avoiding these preventive maintenance can trigger serious problems, not only in the battery but also in systems surrounding the vehicle.

Keywords: batteries, tests, performance, efficiency, remanufactured, hybrid, comparative.

CAPITULO I

1. PRÓLOGO

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Realizar un estudio al conjunto de baterías pertenecientes al Toyota Prius, mediante el diseño y construcción de un banco de pruebas de alta tensión, para determinar el rendimiento, eficiencia y tiempo de vida útil de una batería nueva en contraste con una remanufacturada.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el plano eléctrico del banco de pruebas, mediante el uso de sistemas o programas de simulación de circuitos, para tener control total de cada uno de los parámetros y evitar de esta forma posibles fallos al momento de construirlo.
- Construir un banco de pruebas para el estudio del conjunto de baterías híbridas de alta tensión, mediante el análisis del plano eléctrico desarrollado previamente, para proceder con las respectivas pruebas a los bloques y celdas.
- Realizar un estudio a cada uno de los bloques del conjunto de baterías híbridas de algunos modelos de vehículos pertenecientes a esta categoría, por medio de la utilización de un banco de pruebas artesanal, para determinar el rendimiento, eficiencia y vida útil de dicha batería.
- Desarrollar plantillas o guías de prácticas, que constaran con consideraciones previas e instrucciones detalladas, para facilitar de esta forma el uso del equipo tanto a docentes como estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz.

1.2. Justificación

El presente estudio tiene como objetivo determinar el rendimiento, eficiencia y vida útil de una batería reacondicionada, en contraste con una batería nueva, dichas baterías pertenecen al vehículo Toyota Prius modelo XW20. Dentro de nuestro medio, es importante mencionar que, debido al estilo de conducción, área geográfica y carencia de conocimiento, este tipo de baterías tiende a deteriorarse de una manera mucho más rápida, es por eso que es importante desarrollar un banco de pruebas, que mediante un estudio a los bloques y celdas pertenecientes al conjunto de baterías de alta tensión, nos permita determinar de manera oportuna si estas celdas están funcionando de manera correcta o por lo contrario si ya cumplieron su vida útil. Cabe recalcar que si un vehículo sigue operando con una celda deteriorada puede incluso llegar a dañar al conjunto de baterías en su totalidad. Finalmente, es importante entender que los costos de este tipo de baterías son muy elevados, y dar un mantenimiento oportuno, al conjunto de baterías, puede incluso extender su vida útil en un determinado porcentaje.

1.3. Delimitación

Para el correcto análisis de baterías híbridas dentro del Distrito Metropolitano de Quito, se debe tomar algunas consideraciones importantes antes de proceder con las respectivas pruebas. Un punto importante es entender que no todos los vehículos cuentan con un mismo modelo de baterías, ya que estas dependen de la casa fabricante, esto quiere decir que en nuestro medio existen baterías construidas con diferentes materiales, un ejemplo muy práctico es la diferencia que existe entre las baterías de Ion – Litio, en contraste con las de Níquel – Metal, del mismo modo la casa fabricante es quien determina el modo de funcionamiento, el número de celdas o bloques, la capacidad de carga y descarga, entre otros. Además, dentro del DMQ se debe tomar en cuenta el área geográfica, ya que, al encontrarse a una altitud promedio de 2800 m.s.n.m, el terreno por donde deberá circular estos vehículos híbridos será muy irregular, esto quiere decir que existirán un gran número de pendientes, las cuales afectaran directamente al rendimiento, eficiencia y vida útil de las baterías, debido a que estas estarán sometidas a esfuerzos más prolongados.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1. Definición de vehículos híbridos, historia, Toyota e inicios

Los vehículos se establecieron como un medio de transporte personal desde inicio del siglo XX. Estos equipaban motores de combustión interna y generaban un excelente trabajo, comparado a la tecnología de la época. También se trabajaba con motores que funcionaban por combustión externa; motores de ciclo Stirling. Durante la época se trabajó un prototipo de vehículos eléctricos, los cuales tenían buena aceptación gracias a que eran silenciosos y eran ciertamente más económicos que los vehículos convencionales, sin embargo, tenían un problema y es que las baterías no tenían una buena duración, su autonomía era muy reducida y los tiempos de carga eran demasiado largos.

Citando lo que alguna vez durante su vida Nikolas Otto dijo sobre los motores eléctricos, “el motor eléctrico es un genial invento que seguramente un día complementará al motor de gasolina.” Más tarde, por el año 1896, dos británicos, H.J. Dowsing y L. Epstein, patentaron una idea para convertir un vehículo en híbrido, la hibridación de paralelo. (Martínez, 2014) el objetivo que ellos tenían era crear un modelo de vehículo híbrido que funcione con un motor de combustión interna y un tipo de motor eléctrico; un dinamo. Este prototipo de hibridación fue implementado en camiones, buses y en sí vehículos grandes. La función de este dinamo podía ser variable, ya que podría haber sido utilizado como un motor de arranque y le ayudaba a la propulsión o a su vez para recargar las baterías.

A partir de este prototipo surgen varias empresas y nuevas ideas de hibridación con el fin de lograr la implementación en vehículos más pequeños. Emilio de la Cuadra

fundó la Compañía General Española de Coches Automóviles E. de la Cuadra Sociedad en Comandita en 1898. La compañía se dedicó a la creación de vehículos híbridos y creó 4 modelos diferentes, los cuales no llegaron a tener éxito debido a que los acumuladores eléctricos presentaron problemas.

En 1899, Ferdinand Porsche, quien era un empleado de Jacob Lohner & CO, diseñó un modelo de vehículo híbrido similar al prototipo utilizado por Dowsing y Epstein. Este modelo de vehículo consistía en un motor de combustión interna que trabajara constantemente y alimentaba a un dinamo, el cual proveía de energía a dos motores eléctricos instalados en el tren delantero con el objetivo de entregar cierta potencia y torque extra al auto, así mismo lograba tener una autonomía de 64 km/h utilizando solamente la energía eléctrica. (Martínez, 2014) este modelo se llamó Lohner-Porsche, y es conocido como Semper Vivus (Siempre Vivo)

Al pasar de los años fueron creciendo los nuevos prototipos de vehículos en diferentes partes del mundo, inclusive la GM¹ gastó más de \$20 millones para el desarrollo e investigación respecto a vehículos híbridos y eléctricos con el fin de sacarlos a producción en los años 80's (Martínez, 2014)

No es hasta el año de 1976 que Toyota, una empresa japonesa dedicada a la fabricación de vehículos, muestra un prototipo de vehículo híbrido en serie con estilo deportivo, el Toyota GT hybrid concept. Construido con un motor eléctrico y una turbina de gas. Y es de este modelo que Toyota en los años 90 se lanza con su modelo Prius, el primero modelo de producción masiva con una gran eficiencia y capacidad. Este modelo tuvo una gran aceptación, el primero año vendió alrededor de 18.000 unidades, siendo un gran impulso para que en la actualidad Toyota haya

logrado vender millones de unidades de híbrido; siendo capaces de ofrecer garantía de calidad de sus productos.

2.2. Especificaciones técnicas Toyota Prius

ESPECIFICACIONES	
Motor de gasolina	Motor de aceleración de aluminio de 1,8 litros y 98 CV (73KW)
Motores eléctricos	Motor de imanes permanentes de 80CV (60KW)
Transmisión	Solo automática (Transeje variable continuo con control eléctrico)
Batería del HV	Batería sellada de Niquel-Metal de 201,6 voltios nominales
Peso en vacío	3.362 lbs / 1.525 kg
Depósito de combustible	10,6 galones / 40 litros (EEUU - Canadá) 11,9 galones / 45 litros (Europa)
Material del bastidor	Una pieza de acero
Material de la carrocería	Paneles de acero excepto en el capó y en la compuerta del maletero
Número de plazas	5 de serie

Tabla 1. Especificaciones técnicas del Toyota Prius, modelo 2010

(Toyota, 2014)

Dentro de los modelos del Toyota Prius, es importante mencionar que existen unas diferencias mínimas entre los modelos 2010 y modelos 2012, esta diferencia únicamente afecta a la capacidad máxima del conjunto de baterías híbridas, en algunos casos, esta capacidad también dependerá del material interno de la batería que utilizan las casa fabricantes.

2.3. Ubicación y descripción de los componentes híbridos modelo 2010

Componentes	Ubicación	Descripción
Batería auxiliar de 12 voltios	Lado derecho del espacio de carga	Una batería de plomo y ácido que suministra corriente a los dispositivos de baja tensión
Conjunto de la batería del vehículo híbrido (HV)	Espacio de carga	El conjunto de la batería de Níquel-Metal de 201,6 voltios que está formada por celdas de 1,2 voltios conectada en serie
Cables eléctricos	Debajo del vehículo y en el compartimiento del motor	Los cables eléctricos de color naranja que conducen corriente continua de alta tensión entre el conjunto de la batería del HV, el inversor/convertidor y el compresor del A/C. Estos cables también conducen corriente alterna trifásica entre el inversor/convertidor, el motor eléctrico y el generador.
Inversor / Convertidor	Compartimiento del motor	Aumenta e invierte la electricidad de alta tensión del conjunto de la batería del HV para convertirla en electricidad de CA trifásica y encender el motor eléctrico. El inversor/convertidor también convierte la electricidad de CA procedente del generador eléctrico y del motor eléctrico (freno regenerativo) a CC para cargar el conjunto de batería del HV.
Motor de gasolina	Compartimiento del motor	Tiene dos funciones: 1) Impulsar el vehículo. 2) Impulsa el generador para cargar el conjunto de la batería del HV. El ordenador del vehículo se encarga de arrancar y detener el motor.
Motor eléctrico	Compartimiento del motor	Motor eléctrico de CA trifásica de alta tensión ubicado en el transeje delantero. Se utiliza para propulsar las ruedas delanteras.
Generador eléctrico	Compartimiento del motor	Generador eléctrico de CA trifásica de alta tensión ubicado en el transeje que carga el conjunto de la batería del HV.
Compresor del A/C (con inversor)	Compartimiento del motor	Compresor del motor que funciona con electricidad de CA de alta tensión trifásica.
Depósito y conducto de combustible	Parte inferior y centro del vehículo	El depósito de combustible proporciona la gasolina al motor a través de un conducto de combustible. El conducto de combustible pasa por debajo de la parte central del vehículo.

Tabla 2. Ubicación y descripción de los componentes híbridos. Modelo 2010.

(Toyota, 2014)

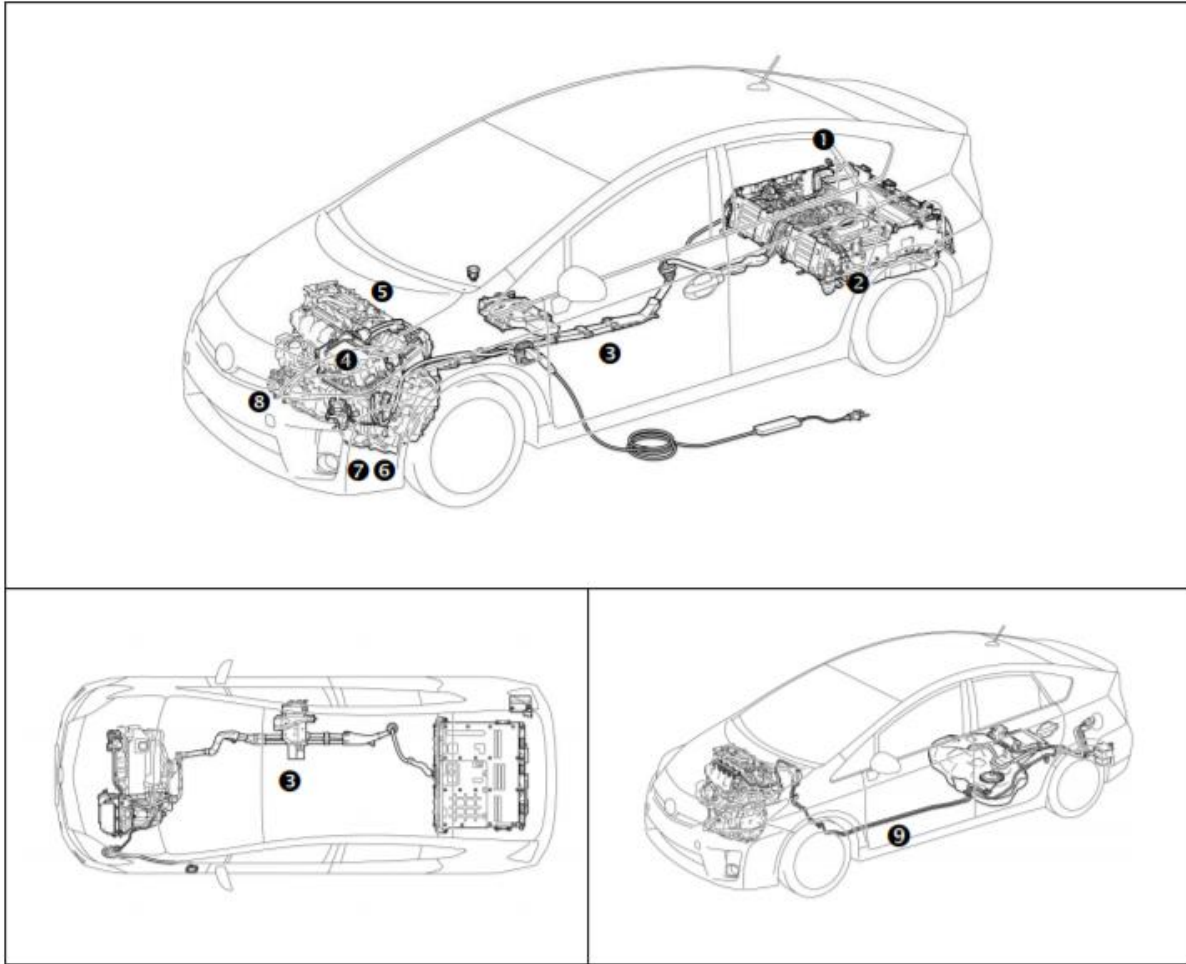


Ilustración 1. Ubicación y descripción de los componentes híbridos. Modelo 2010.
(Toyota, 2014)

2.4. Batería híbrida en el Toyota Prius 1500cc segunda generación

Toyota lanzó al mercado una segunda generación de sus vehículos híbridos. El Toyota Prius salió al mercado en el año 2003, utilizando una batería de níquel-metal-hidruro; la misma que fue construida desde el año 2001 utilizada en sus modelos de segunda generación. En el documento de Hybrid Battery Test Result de U.S. Department of energy advanced vehicle testing activity; se nos establecen todos los datos que se necesitan de la batería principal a utilizar en este proyecto.

TOYOTA PRIUS	
Tipo de batería	Níquel-Metal
Voltaje mini celdas	1,2
Voltaje por cada celda	7,2
Número total de mini celdas	168
Voltaje total de batería	201,6
Conexión de paquetes	Serie

Tabla 3. Composición de batería híbrida Toyota Prius 2G.
(Martínez, 2014)

2.5. Funcionamiento de una batería híbrida

Los vehículos híbridos se componen de dos baterías, la común de 12 voltios específica para accesorios de vehículo, arranque (en caso de no encender directamente el motor eléctrico) etc. Y dispone de la batería específica para alimentación del motor eléctrico. Esta batería cuenta con una construcción más grande y se compone de más celdas debido a que el motor eléctrico necesita una gran demanda de energía y así mismo permite almacenar más carga.

Esta batería tiene varias formas de recarga, cuenta con un cable que se conecta a una fuente de 110V o 220V; según nos diga el fabricante, y se conecta directamente al vehículo. Así mismo, algunos vehículos cuentan con un sistema de frenos regenerativos, lo que permite la recarga de la batería al momento de frenar. Por último y más común, el funcionamiento del motor de combustión permite la recarga de la batería, así, trabajando en conjunto ambos sistemas, el vehículo híbrido permite un gran ahorro de combustible.

2.6. Partes de una batería híbrida

Basado en el manual de servicio del Toyota Prius XW20, en el apartado del sistema de control híbrido (2008), la construcción de una batería HV es más complejo que una batería de 12V. estas baterías cuentan con la siguiente constitución:

2.6.1. ECU de batería HV

Esta recibe las diferentes señales que son enviadas por los sensores que trabajan con la batería con el objetivo de cuidar su integridad y trabajar de forma eficiente.

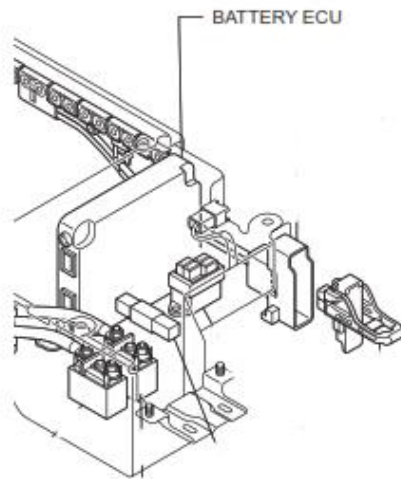


Ilustración 2. ECU de batería HV.
(Tomado de manual de reparación Toyota Prius XW20)

2.6.2. Relé principal del sistema

Dentro del sistema, el relé o también conocido como relevador eléctrico, es quien recibe la señal proveniente de la ECU para posteriormente actuar como un dispositivo ON/OFF el cual conectara o desconectara el sistema híbrido “inversor, batería HV”.

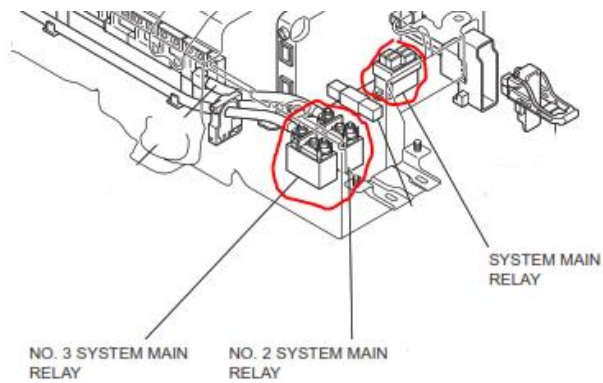


Ilustración 3. Relés de batería HV.
(Tomado de manual de reparación Toyota Prius XW20)

2.6.3. Clavija de servicio / jumper

El jumper, dentro del sistema es considerado como uno de los elementos más importantes, ya que este es quien permite la conexión y desconexión de alimentación entre el sistema interno del vehículo y la batería HV para realizar los mantenimientos. Es importante recalcar que es imposible interactuar con dichos sistemas, si la clavija no ha sido retirada, ya que, esta puede producir graves repercusiones al operador en caso de sufrir un accidente.

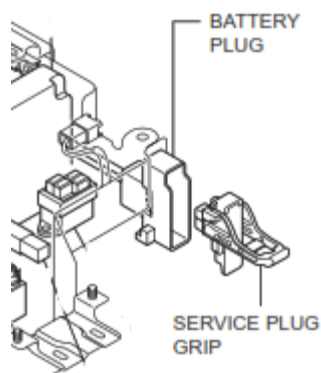


Ilustración 4. Clavija de servicio y plug de batería HV.
(Tomado de manual de reparación Toyota Prius XW20)

2.6.4. Conjunto de celdas

Un bloque de baterías está compuesto por una serie de celdas las cuales están ubicadas una a continuación de otra, dichas celdas a su vez cuentan con subdivisiones, su función principal es la de almacenar la energía eléctrica que será distribuida y utilizada por el resto del sistema.

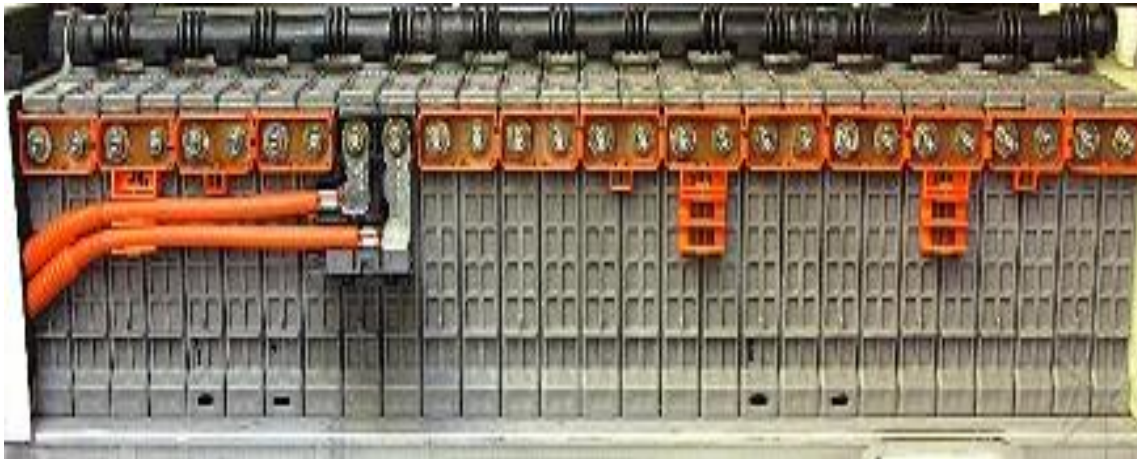


Ilustración 5. Packs/Celdas Batería HV.
(Tomado de manual de reparación Toyota Prius XW20)

2.6.5. Sensores

2.6.5.1. Sensor de temperatura

Este sensor permite conocer cuál es la temperatura interna de la batería durante su reposo, así como también cual es la temperatura de esta durante su funcionamiento. Una vez determinada la temperatura este sensor enviará una señal a la ECU, la cual, dependiendo de los valores recibidos, activará el actuador correspondiente para la refrigeración de esta. Es importante que la batería opere lo más fría posible ya que los valores de temperatura elevados pueden repercutir directamente en su vida útil.



Ilustración 6. Sensor de Temperatura
(Tomado de manual de Espinosa L. Repositorio ESPE)

2.6.5.2. Sensor de voltaje

Este sensor permite conocer el voltaje que circula por todo el sistema híbrido, además de captar las fluctuaciones que se pueden producir por algún fallo. Si este sensor llegase a fallar, sería incapaz de detectar una avería en el sistema, dando como resultado un fallo total en la misma, esto significaría una repercusión muy grave en la salud del conjunto de baterías.

2.6.5.3. Sensor de corriente

Este sensor permite conocer la corriente que circula hacia la batería. Es de suma importancia tener un control sobre el estado de salud de este, ya que una sobrecarga en el conjunto de baterías puede llegar a producir gradualmente una elevación exagerada de temperatura, la cual a su vez puede desencadenar explosiones en su estructura interna, deteriorando directamente a la eficiencia de esta.

2.6.6. Actuadores

2.6.6.1. Soplador de la batería:

El soplador es considerado como uno de los actuadores más importantes del sistema híbrido, ya que este es el encargado de regular la temperatura del conjunto de

baterías, consta de un pequeño motor eléctrico el cual está unido a una turbina, la cual será la encargada de soplar aire frío todos los componentes.



Ilustración 7. Soplador de aire.
(Tomado de manual de Espinosa L. Repositorio ESPE)

2.6.6.2. Relevadores: encargados de conectar y desconectar el paso de voltaje.

Todos estos elementos trabajan en conjunto para mantener un correcto funcionamiento de la batería. Al tener una comunicación constante entre sensores, ECU y actuadores; se establece un trabajo ideal, donde la batería puede enviar la suficiente alimentación al motor eléctrico y así mismo cuando se desconecta; cargar y almacenar energía de forma constante mediante los diferentes sistemas de recarga.

2.7. Baterías de Níquel Metal Hidruro – Ion de Litio

2.7.1. Baterías de níquel-metal-hidruro (NiMH)

Toyota ha implementado este tipo de baterías en sus vehículos híbridos ya que estas son menos peligrosas y contaminantes para el medio ambiente. Estas baterías se componen de un ánodo de oxi - hidróxido de níquel y posee una aleación de hidruro metálico. (Björling, 2020) Esta aleación ha permitido eliminar el Cadmio; el cual es

muy costoso y perjudicial para el medio ambiente. Esta aleación, además, permite aumentar la capacidad de carga de la batería, lo cual resulta muy beneficioso para el rendimiento de la batería y la autonomía de esta.

2.7.2. Baterías de Ion-litio

Las baterías de Ion-Litio tiene una característica que por mucho tiempo las han hecho muy eficientes, y es que el Litio cumple con una propiedad que le permite ceder electrones fácilmente y quedando cargado positivamente. Sin embargo, existe un pequeño inconveniente con este tipo de baterías; ceden a cualquier elemento, agua, aire, etc. Esto provoca cierta inestabilidad en su eficiencia; aparte, se oxida fácilmente. (García Bello, Castro, & Úcar, 2020)

Es por estas razones que el Toyota Prius equipa una batería de NiMH, ya que son mucho más eficientes, tienen una durabilidad más extendida en relación con las de Litio y así mismo puede cumplir con un ciclo de carga y descarga que no afecta su duración ni rendimiento.

2.7.3. Gestión de batería, control de temperatura

La vida útil de una batería depende del funcionamiento y uso que se le dé a la misma. Las baterías suelen ser afectadas principalmente por el factor de temperatura; ya que, según nos menciona García G. en su estudio experimental sobre el enfriamiento termoeléctrico de las baterías HV, la temperatura es el factor más importante para tomar en cuenta sobre la degradación de la vida útil de las baterías HV. (2019). Debido a este inconveniente, los fabricantes de vehículos eléctricos se han concentrado en mejorar los sistemas de refrigeración de las baterías HV.

La batería del Toyota Prius de segunda generación solía ser enfriada por un elemento llamado soplador, el cual enviaba aire frío hacia la batería generando así un ligero

enfriamiento de esta. La ECU en conjunto con los sensores de temperatura permitirían el trabajo correcto del soplador y evitar así el sobrecalentamiento de esta.

Hoy en día se está trabajando en diferentes formas de enfriar las baterías. Según García G, se están creando sistemas activos y pasivos para la gestión térmica de la batería. Lo que determina si el sistema es pasivo será si es que el fluido para el control térmico es introducido en el habitáculo de la batería sin pre - acondicionamiento, y será activo si se instala un componente que permita una climatización de este previamente. El objetivo de esto es alargar la vida útil y el rendimiento de la batería. Adicional, este tipo de sistemas permitirían a la batería entregar mayor energía a mayor demanda de esta.

La batería puede perder eficiencia ya sea en frío o en caliente, es por ello por lo que este sistema busca mantener una temperatura estable y evitar las variaciones bruscas de temperatura. García G. en su estudio plantea un modelo de enfriamiento termoeléctrico (TEC) donde busca un control más sencillo de la temperatura ajustando el suministro de voltaje, no utilizaría fluidos y el sistema sería silencioso. García G. se basa en los principios físicos de Peltier-Seebeck y Thompson; el cual, según el Grupo de Investigación de Ingeniería Térmica de la Universidad de Navarra, consiste en la absorción o liberación de calor por parte de un conductor eléctrico, con un gradiente de temperatura por el cual circulará una corriente eléctrica. García G. muestra que los primeros diseños del sistema TEC han logrado mantener una temperatura relativamente estable por debajo de los 55°C. (2019)

Adicional al estudio experimental de García G. la revista ScienceDirect presenta un documento sobre el mismo tema, Electric vehicle battery thermal management system with thermoelectric cooling, donde junta en el sistema TEC con un sistema de

refrigeración activo de fluido líquido para lograr una mayor disipación de calor, logrando llegar de los 55°C a los 12°C en una celda con soporte de cobre suministrando 40V. (2019)

Un estudio realizado por Scheugenpflug sobre la protección contra el sobrecalentamiento y las vibraciones mediante unas pastas térmicas para las baterías HV y el encapsulado de las mismas. Scheugenpflug nos menciona la importancia de la gestión de la temperatura, ya que la temperatura de trabajo ideal para estas baterías varía entre los 10°C a 25°C. La temperatura de servicio puede ir de 20°C a 40°C, influyendo negativamente en la duración, capacidad y sobre todo en la seguridad de trabajo de la batería HV. (2018)

Para impedir que la temperatura sea un factor que pueda afectar gravemente a la batería HV, Scheugenpflug plantea un BMS; (Battery Management State), el cual permitirá controlar y supervisar el estado de carga (SOC) de la batería, así como la gestión térmica de la misma, garantizando un correcto funcionamiento y un tiempo de duración (autonomía) óptimos. Para obtener una disipación segura de calor con las pastas térmicas se dosifican varios litros de estos materiales; los cuales son altamente viscosos, y son enriquecidos con cargas termo-conductoras. El lugar de implementación será entre los módulos y la carcasa de la batería o en los elementos de refrigeración que hayan sido incorporados. Este sistema logra una gran velocidad de flujo, lo que da como resultado una mayor eficiencia operativa y capacidad, incluso con elementos más abrasivos. (Scheugenpflug, 2018)

2.7.4. Balanceo pasivo – Estado de salud de la batería HV

En el proyecto técnico sobre un análisis de baterías usadas en vehículos híbridos, realizado por Saavedra J. y Sibri J. (2018) nos mencionan que el balanceo de las

baterías es una fase durante la carga de la batería HV. Lo que sucede en este proceso es una variación de 1 a 3 voltios por un período de tiempo; el cual puede durar entre 4,6 hasta 12 horas. Durante el proceso de balanceo, cada una de las celdas de la batería alcanza el 100% de carga; es decir, su voltaje pico. Una vez llegado a este nivel, la tensión empieza a disminuir y la energía de carga se transforma en calor, luego se enfría para volver a llegar al 100%.

Para realizar el proceso de balanceo manualmente, se debe realizar una descarga de cada una de las celdas, para verificar que el balanceo funciona correctamente, el resto de las celdas intentarán compensar esa pérdida de carga sobre aquella celda a descargar. (Saavedra & Sibri, 2018)

El objetivo del balanceo de la batería es mantener un correo estado de salud de la batería. Esto permitirá a la batería a cuidar sus componentes, alargando su vida útil y sobre todo con el objetivo de brindar la mayor eficiencia al vehículo.

2.7.5. Estado de carga – SOC

Según nos explica Gómez M; Hidalgo D; Erazo G y Quiroz J. “Se define el estado de carga SOC como el nivel de carga de la batería, normalmente expresado como un porcentaje del total de la capacidad máxima que tiene y viene expresado en Amperios- hora (Ah) o Kilovatios-hora (KW-h).” (2014) Por lo tanto, el estado de carga o SOC por sus siglas en inglés es el nivel de carga que tiene la batería en un determinado momento.

Generalmente el estado de carga de la batería previene al conductor de no quedarse sin carga de la batería; eso siempre y cuando se hable de vehículo eléctricos. En este caso, los vehículos híbridos, al trabajar en conjunto con un motor de combustión interna, el estado de carga de la batería definirá si es necesario que el motor de

combustión se encienda y permita que se recargue la batería, ya sea por el movimiento de las ruedas o en sí del motor de combustión; de igual forma hay vehículos con el sistema de frenos regenerativos, lo que ayuda mucho a la recarga de la batería.

En los vehículos híbridos, la batería suele mantener un estado de carga por encima del 40% antes de que el motor de combustión entre en funcionamiento; siempre y cuando no sea requerido por solicitud de carga (esfuerzo). Las baterías trabajan entre el 50% al 80% de su estado de carga normalmente, en autopista estos valores pueden variar, ya que la exigencia del vehículo suele ser baja y puede mantener la carga por más tiempo sin necesidad de encender el motor de combustión. El estado de carga; SOC, normalmente se maneja en los $\frac{3}{4}$ de capacidad, entre el 70% a 75%. (Gómez, Hidalgo, Erazo, & Quiroz, 2014)

Para que el trabajo de carga y descarga de la batería HV sea de forma eficiente, la ECU de la batería cumple un rol muy importante. Augeri F. (2012) nos menciona que la ECU; mediante un software, es capaz de reconocer el estado de carga de la batería, aun cuando esta tiene un porcentaje muy bajo de carga. El objetivo de esto es que los vehículos híbridos sean capaces de trabajar eficientemente, procurando que el estado de carga de la batería HV no se vea por debajo del 20%, es por ello por lo que siempre se mantiene entre el 70% aproximadamente.

2.8. Precauciones y consideración previas al proceso de interacción con elementos electrónicos en vehículos híbridos

Toyota en su manual de reparación y mantenimiento, correspondiente al modelo Prius, a detallado claramente el procedimiento de seguridad a seguir que debemos

tener al interactuar con elementos eléctricos que conforman este sistema, una consideración importante que debemos tomar en cuenta es el color naranja de las líneas de alta tensión, así también como su etiquetado, ya que estos indicadores alertan al técnico sobre el peligro eléctrico, que podría llegar a suceder en caso de que se tenga una mala manipulación de estos.



Ilustración 8. Etiqueta de precaución de la batería del HV.
(Toyota, 2014)

El Jumper es uno de los elementos más importantes del sistema, a continuación, detallamos brevemente la correcta desconexión de este (AutoAvance, 2014).

1. Desconectar el contacto, o llevar el botón de encendido a la posición OFF.
2. Desconectar la batería de baja tensión auxiliar de 12V.
3. Utilizar guantes adecuados según norma CAT.
4. Desconectar el JUMPER de seguridad.



Ilustración 9. Desconexión del Jumper.
(Gómez F. , 2014)

5. Esperar 10 minutos antes de empezar a realizar cualquier trabajo en el sistema.



ADVERTENCIA:

- ***El sistema de alta tensión puede permanecer conectado hasta 10 minutos después de haber apagado o desconectado el vehículo. Para evitar lesiones graves o incluso la muerte provocadas por quemaduras graves o por descargas eléctricas, no toque, no corte ni abra los cables eléctricos de alta tensión de color naranja ni los componentes de alta tensión.***

Ilustración 10. Advertencia al desconectar el sistema de alta tensión.
(Toyota, 2014)

6. Instalar el JUMPER antes de conectar la batería de 12V.
7. Borrar DTC que se generen en el proceso de desconexión

Es muy importante mencionar que los técnicos o personal que estén a cargo del análisis de estos elementos cuenten con las capacitaciones y acreditaciones adecuadas.

Ítem	Área de Atención	Normativa a Cumplir
1	Vestimenta	<ul style="list-style-type: none"> Equiparse de mandil u overol que proteja de derrames químicos efecto de partes en fricción. De tener riesgo de caída de objetos vestir gorra y zapatos puntas de acero.
2	Protección del Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> Proteger el frente del vehículo, asientos y laterales.
3	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Verificar el EPP del compañero en caso de trabajar en equipo. Ubique el vehículo en un área abierta para liberar el escape. Si verificará por debajo del auto verifique la sujeción adecuada de los elevadores hidráulicos.
4	Preparación de Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar con antelación las herramientas y equipo necesarios para el diagnóstico.
5	Reparación de Sistemas del Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> Cuando los sistemas a reparar son muy complejos, tomar las medidas de seguridad necesarias para no perder el enfoque.
6	Piezas Desmontadas	<ul style="list-style-type: none"> Colocar las distintas piezas y partes en sus respectivas bandejas para evitar que se pierdan en el desmontaje,

Ilustración 11. Consideraciones de seguridad previas al diagnóstico.
(Tomado de manual de reparación Toyota Prius XW20)

En lo correspondiente el banco de pruebas de baterías, previamente diseñado de manera artesanal, la consideración más importante para asegurar su correcto funcionamiento es evitar golpes bruscos o movimientos exagerados, ya que en su composición interna este cuenta con una serie de 7 focos alógenos que actuaran como consumidores en las pruebas de descarga, estos elementos tienden a moverse y podrían llegar a generar desconexión. En dado caso que llegasen a desconectarse es necesario evitar manipularlos con las manos, ya que, al ser elementos sensibles, podrían llegar a quemarse, por eso es necesario la utilización de algún tipo de guante, que no esté mojado o con suciedad, ya que esto produciría los inconvenientes ya mencionados.



Ilustración 12. Consumidores alógenos para el procedimiento de descarga.
Tomada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

2.9. Procedimiento de montaje y desmontaje de la batería híbrida

El proceso de desmontaje de la batería híbrida en el modelo Prius 2010 – 2012 es muy parecido, en ambos casos costa de 35 pasos a seguir, cada uno de estos con sus respectivas subdivisiones, las cuales deben ser seguidas tal cual se indica en el manual de mantenimiento (Ver anexos 1 – 14).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales de fabricación

El banco de pruebas de baterías híbridas se realizó a partir de un plano eléctrico previamente diseñado, la estructura externa o coraza contenedora fue realizada en madera refinada, con unas dimensiones de 52cm de largo, 27.5 ancho, 22 cm de alto. Los materiales internos utilizados para los circuitos eléctricos y el sistema de carga y descarga se detallan a continuación:

- Madera
- Cable
- Voltímetros
- Amperímetros
- Interruptores
- Halógenos
- Relés
- Lagartos
- Terminales de conexión
- Ventiladores
- Puentes rectificadores
- Batería 9v
- Transformador



Ilustración 13. Circuito Eléctrico interno.
Tomada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

3.2. Plano eléctrico del banco de pruebas

El presente plano eléctrico fue diseñado en un simulador de circuitos (Ver anexo 15), este diagrama representa de manera simplificada el funcionamiento del banco de pruebas de baterías híbridas, es importante mencionar que al ser un equipo construido de manera artesanal presenta algunas variaciones importantes en comparación con un equipo especializado. Su principal diferencia es la variación de corriente que existe al momento de realizar las pruebas, este valor varío en función del tiempo de operación de la máquina, esto quiere decir que mientras más cerca esta la culminación de la prueba el equipo pierde su capacidad de mantener un flujo de corriente constante, esto no representa un problema al momento de realizar pruebas, únicamente alarga el tiempo de estas. Por otro lado, el equipo cuenta con 3 interruptores, en el proceso de descarga, que pueden mitigar esta variación, pero estos deben ser activados manualmente y bajo un buen criterio del operario de la máquina.

3.3. Equipo para diagnóstico de baterías HV

Los equipos de diagnóstico de baterías HV son una herramienta que permite al técnico y/o ingeniero realizar un proceso de descarga y carga para conocer el estado de la batería. Estos equipos son fabricados en distintos tipos, desde artesanales hasta profesionales.

Los equipos profesionales permiten conectar una mayor cantidad de paquetes de celdas para analizarlos en conjunto o individualmente, adicional, estos equipos tienen la característica de poder realizar una carga o descarga con una corriente constante, lo cual facilita el análisis posterior.

Los equipos artesanales (construidos por un técnico o persona no certificada por una empresa de equipos profesional) generalmente funcionan de la misma forma; ya que cumplen con el mismo principio y concepto. Estos equipos cuentan con voltímetros y amperímetros que permiten observar y analizar la batería HV de igual forma, la diferencia recae sobre el hecho de que no suelen proporcionar circuitos de automatización, es decir, estos equipos no tienen la capacidad de desconectar los consumidores cuando el voltaje llega al mínimo recomendado, así mismo tampoco son capaces de detener la carga cuando la corriente llega a cargar la batería por completo.

Sin embargo, ambos equipos permiten realizar las mismas mediciones, ya que al final del proceso, el técnico deberá realizar un análisis e interpretación de los resultados obtenidos y determinar el estado de la batería.

El equipo construido de forma artesanal con la ayuda del taller automotriz C-Tres del Ingeniero Diego López MSc. permite realizar un análisis de una batería HV de forma eficiente y muy visual.



Ilustración 14. Voltímetros de equipo de comprobación de baterías HV.
Tomada por Carlos Álvarez el 16/09/2020

Este equipo cuenta con 7 voltímetros para 7 paquetes de dos celdas cada uno, dando un total de 14 celdas por proceso, tal como un equipo profesional.



Ilustración 15. Voltímetro general.
Tomada por Carlos Álvarez el: 16/09/2020

El equipo cuenta así mismo con un voltímetro en conjunto para conocer el voltaje total del bloque en análisis.



Ilustración 16. Amperímetros de carga y de descarga
Tomada por Carlos Álvarez el 16/09/2020

Cuenta con 2 amperímetros que permiten visualizar la cantidad de amperaje que entra y de igual forma el amperaje de consumo al momento de descargar.



Ilustración 17. Interruptores de encendido de los consumidores para descarga.
Tomada por Carlos Álvarez el 16/09/2020

El equipo cuenta con interruptores de encendido y apagado de consumidores para el momento de realizar la descarga, de igual forma cuenta con un interruptor de posición para carga o descarga según requiera el proceso.



Ilustración 18. Fotografía de los instrumentos del equipo de comprobación.
Tomada por Carlos Álvarez el 16/09/2020

El equipo finalmente cuenta con 7 conectores para cada pack de celdas, los cuales marcarán el voltaje correspondiente en cada uno de los voltímetros.

3.4. Funcionamiento del equipo para el diagnóstico de la batería

El funcionamiento del equipo como tal no presenta mayor complejidad. Primeramente, se debe conocer el proceso para el análisis de una batería HV. Para comenzar el proceso se debe realizar una preparación previa de las celdas de la batería. Estas se colocan en un soporte de celdas y se conectan en serie; se debe tomar en consideración el voltaje nominal de las celdas; ya que el funcionamiento del equipo es de aproximadamente 150 Volts.

Una vez preparadas las celdas se conectan con los cables respectivos del equipo, todo se debe realizar con las precauciones correspondientes.

Se conecta el equipo a una fuente de alimentación de 110V (toma corriente de pared), se enciende el equipo e inicia el proceso.

El funcionamiento consiste en lo siguiente, al colocar en carga, el equipo transforma la corriente alterna en corriente continua para que sea compatible con la batería, esto es realizado mediante un puente rectificador de diodos, luego pasa por un condensador que permite mantener una mayor linealidad de la corriente, esto permite que la batería sea cargada a un amperaje que tendrá cierta variación según se encuentre el nivel de carga de la batería, al mismo tiempo se encenderán dos ventiladores laterales que permitirán mantener una temperatura de funcionamiento relativamente baja dentro del equipo.

Para el proceso de descarga, se debe colocar el interruptor en la posición de descarga, en el equipo se tienen 3 interruptores que permiten tener diferentes

cantidades de consumidores, el objetivo de ello es tener una descarga más rápida (poco recomendable) o una lenta (recomendada), de igual forma permite controlar el amperaje de descarga con el objetivo de buscar un promedio constante y tener resultados más precisos.

En la descarga, el equipo cuenta con 6 focos que actúan como consumidores, los cuales al encenderse serán muy intensos y conforme la carga de la batería baje, la intensidad igual. El amperaje de consumo será visible en el amperímetro y lo podremos ir controlando durante el proceso. De igual forma, durante el funcionamiento, los ventiladores laterales mantendrán una temperatura de funcionamiento constante para evitar sobre calentamientos del equipo.

3.5. Características y datos previos de la batería híbrida

El vehículo Toyota Prius utilizado para este estudio corresponde a un vehículo de uso común – familiar. Una vez desmontada su batería híbrida, se procedió a analizar de manera visual el estado de estas, durante este análisis se determinó a simple vista que algunas de las celdas se encontraban abultadas a los costados, este abultamiento no ocurría de manera regular en todo su cuerpo, esto permite entender que no todas las celdas están operando por igual. Por otro lado, se descartó el daño total de alguno de los bloques, porque no se encontró ninguna fisura o fuga de líquido.



Ilustración 19. Toyota Prius Utilizado para el análisis del conjunto de baterías.
Tomada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

3.6. Desarrollo de las guías de práctica

Para el uso del banco de pruebas de baterías híbridas, es necesario desarrollar una plantilla o guía de prácticas, la cual servirá con fines didácticos, ya sea esta para el uso del docente o de los estudiantes, donde se detallará de manera simplificado el procedimiento a seguir del uso de la máquina, de esta forma se asegura la vida útil del equipo, así como también de su correcto funcionamiento.

Por otro, dentro de la misma guía de práctica se adjunta una serie de casillas las cuales servirán para recolectar ciertos datos necesarios para poder calcular la eficiencia, rendimiento y vida útil. Finalmente se adjuntan al final del documento las plantillas de las guías para su posterior utilización.

La guía de práctica es desarrollada en base al manual de procedimiento de montaje y desmontaje de una batería HV de un vehículo híbrido, específicamente del Toyota Prius 2010.

3.7. Procedimiento de montaje y desmontaje de la batería HV

1. Apague el interruptor de encendido (el indicador **READY** debe estar apagado).
2. Extraiga el conjunto de la cubierta.
3. Saque la batería auxiliar de 12 voltios.
 - (1) Retire la cubierta de la batería auxiliar.

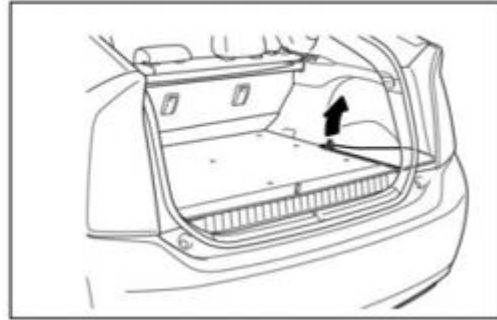


Ilustración 20: Pasos 1-3 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

La siguiente ilustración tomada del manual de procedimiento de desmontaje y montaje de las baterías HV, muestra varios pasos a seguir para poder realizar de forma segura la extracción de la batería HV.

Primer paso. Apagar el interruptor de encendido del vehículo, es decir, el indicador **READY** o **LISTO**, debe estar apagado, lo que en vehículo por encendido con llave es quitar el contacto para que no exista paso de corriente o desenergizar el vehículo como tal.

Segundo paso. Consiste en extraer y retirar el conjunto de la cubierta, todo lo que se encuentra cubriendo la zona de la batería para poder tener acceso a la misma.

Tercer paso. Retirar la batería de 12 voltios para asegurar que el vehículo no se encontrará energizado y pueda ocasionarse alguna falla en el proceso de extracción de la batería HV, así mismo; tenemos varios sub pasos a seguir en este tercero. El primero es retirar la cubierta de la batería auxiliar para poder tener acceso a ella.

- (2) Saque el kit de reparación de neumáticos.
- (3) Quite el encastre de poliestireno.
- (4) Desconecte el cable del terminal negativo (-) de la batería auxiliar.
- (5) Desconecte el cable del terminal positivo (+) de la batería auxiliar.
- (6) Saque la batería auxiliar de 12 voltios.

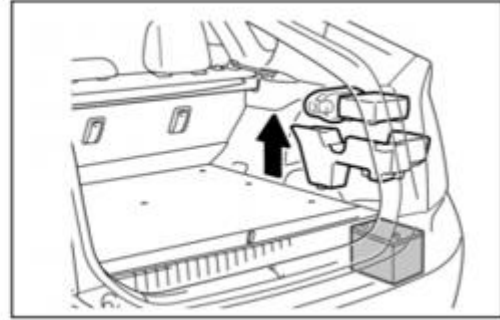


Ilustración 21: Sub pasos para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

El siguiente sub paso nos solicita sacar el kit de reparación de neumáticos y quitar el encastre de poliestireno para acceder a los bornes de la batería auxiliar.

Una vez que tengamos acceso a ellos, se debe desconectar el borne o terminal negativo (-) de la batería auxiliar. Una vez retirado, se desconecta el borne o terminal positivo (+).

Una vez desconectados ambos terminales, se procede a desmontar la batería auxiliar del vehículo.

4. Extraiga el tablero del piso trasero n° 4.
 - (1) Utilice un extractor de clips para desenganchar los 3 clips y extraer el tablero del piso trasero n° 4.



Ilustración 22: Paso 4 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

En el cuarto paso del desmontaje de la batería HV, se pide que el tablero del piso trasero n°4, debe ser extraído. Para este proceso se pide cierta precaución del uso de herramientas específicas.

Se debe utilizar un extractor de clips o vinchas para evitar romper o dañar las mismas al momento de intentar extraer el tablero.

5. Extraiga el tablero del piso trasero n° 1.
(1) Utilice un extractor de clips para desenganchar los 8 clips.

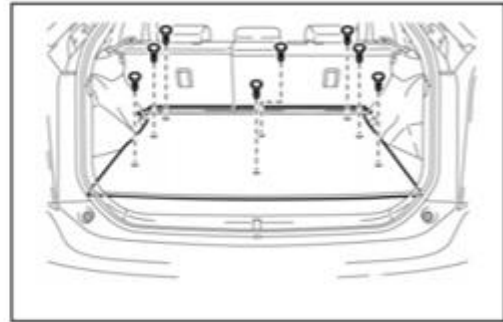


Ilustración 23: Paso 5 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

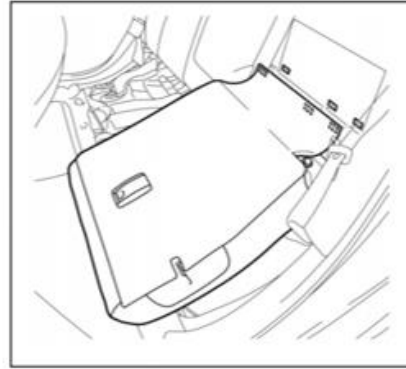
(Toyota, 2014)

Una vez que ha sido retirado el tablero n°4, se puede proceder a extraer el tablero del piso n°1.

Para ello, también se debe utilizar la herramienta para sacar vinchas o clips.

Adicional, este 5to paso menciona dos sub pasos extras.

- (2) Desenganche los 3 fijadores y desconecte el tablero del piso trasero n° 1 del conjunto del asiento trasero izquierdo.



- (3) Desenganche los 3 fijadores, desconecte el tablero del piso trasero n° 1 del conjunto del asiento trasero derecho y extraígalo.

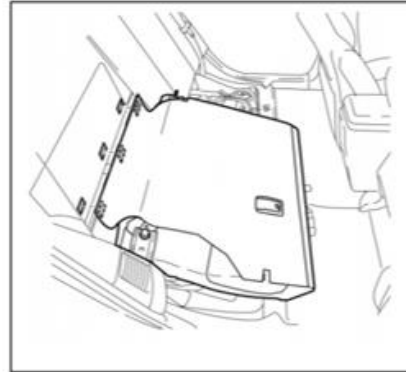


Ilustración 24: Sub pasos para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

Para desmontar completamente el tablero, se debe desenganchar los 3 fijadores que sujetan al tablero y desconectarlo del conjunto del asiento trasero izquierdo. Lo mismo se debe hacer del lado derecho.

6. Extraiga la tapa de la guarnición de la cubierta trasera.
- (1) Quite el perno.
 - (2) Utilice un extractor de clips para desenganchar los 4 clips.
 - (3) Desenganche las 4 garras y las 4 guías, y retire la tapa de la guarnición de la cubierta trasera.

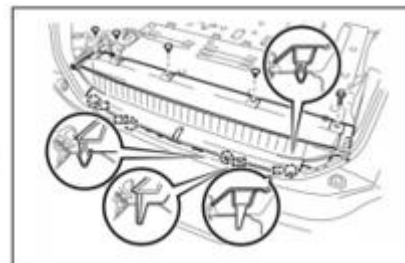


Ilustración 25: Paso 6 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

Para este paso que consiste en la extracción de la tapa de guarnición de la cubierta posterior, se debe realizar los siguiente sub pasos para evitar dañarla. Se quita el perno de sujeción; posteriormente, con ayuda de la herramienta para quitar clips, se retiran los 4 clips que se encuentran sujetando la tapa. Finalmente, para extraer la tapa, se debe desenganchar las 4 garras y las 4 guías que la sujetan.

7. Extraiga el soporte de la batería híbrida.
 - (1) Quite el perno.
 - (2) Desenganche los 2 pasadores y extraiga el soporte de la batería híbrida.

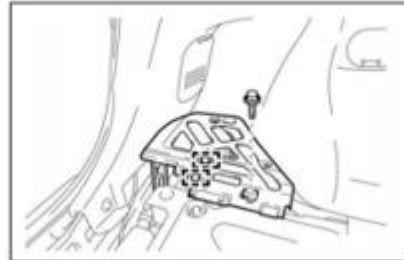


Ilustración 26: Paso 7 para el desmontaje de batería HV Toyota Prius.

(Toyota, 2014)

Séptimo paso. Para extraer la batería HV se deben retirar los soportes que se encargan de mantenerla fija y evitar movimiento o golpes. Para ello, se debe quitar el perno de sujeción, luego se desenganchan 2 pasadores para finalmente retirar el soporte.

8. Quite los 3 enganches de la toma de servicio.

Precaución:

- Utilice guantes aislantes.
- Antes de inspeccionar o revisar el sistema de alta tensión o de desconectar el conector de baja tensión del conjunto del inversor con convertidor, asegúrese de seguir todas las medidas de seguridad, como utilizar guantes aislantes y extraer los 3 enganches de la toma de servicio para evitar electrocuciones. Tras quitar los 3 enganches de la toma de servicio, guárdese uno de ellos en el bolsillo para evitar que otros técnicos vuelvan a conectarlo accidentalmente mientras está revisando el vehículo. Mantenga los otros 2 enganches de la toma de servicio en un lugar seguro.
- Los conectores de los cables de alta tensión son de color naranja.
 - (1) Deslice la palanca del enganche de la toma de servicio hacia la izquierda.
 - (2) Levante palanca de desbloqueo del enganche de la toma de servicio como se muestra en la siguiente ilustración.
 - (3) Quite el enganche de la toma de servicio.
 - (4) Aplique cinta aislante a la ranura del enganche de la toma de servicio para aislarla.

Ilustración 27: Paso 8 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para este octavo paso se deben tomar ciertas precauciones y consideraciones para evitar cualquier inconveniente, ya sea del operador o de la batería. Consiste en quitar o desconectar los 3 enganches de la toma de servicio. El fabricante sugiere que el operario debe utilizar el siguiente equipo de protección:

- Guantes aislantes: estos evitarán que exista alguna chispa por fricción y que tampoco exista la posibilidad de paso de corriente por medio de la toma de servicio al operario.
- Enganches de toma de servicio: estos elementos permiten el paso de energía mediante el circuito eléctrico identificado por color naranja. Para evitar accidentes se recomienda al operario guardar uno de los enganches y dejar los otros 2 en un lugar seguro.

Para proceder a quitar los enganches, estos deben ser girados hacia la izquierda. Una vez girado, se levanta la palanca de desbloqueo del enganche de la toma de servicio, se quita el enganche y por seguridad se debe colocar cinta aislante en la ranura del enganche de la toma de servicio.

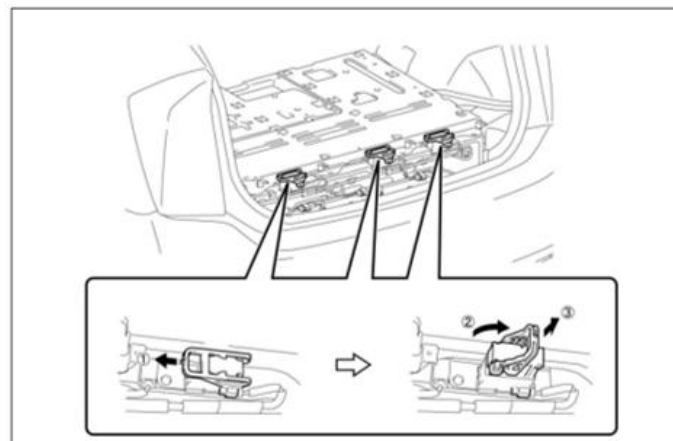


Ilustración 28: Imagen de la ubicación de los enganches de la toma de servicio.

(Toyota, 2014)

9. Quite los 9 pernos y la cubierta del terminal del inversor.

Precaución:
Utilice guantes aislantes.

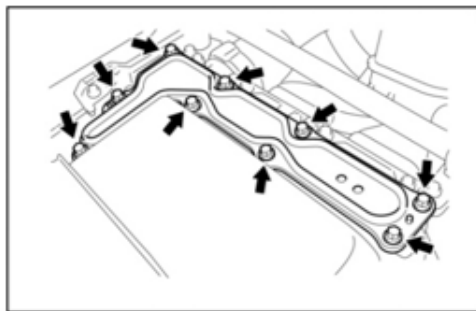


Ilustración 29: Paso 9 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para el siguiente paso se debe utilizar de igual forma guantes aislantes por precaución. Se deben retirar los 9 pernos de sujeción para poder retirar la cubierta del terminal del inversor.

10. Compruebe la tensión de los terminales en el punto de inspección de la unidad de control de potencia.

Precaución:
Utilice guantes aislantes.
Para evitar lesiones graves o incluso la muerte, no continúe con el desguace del sistema del HV hasta que la tensión de los terminales en el punto de inspección sea igual a 0 V.

Tensión estándar: 0 V

Observación:
Coloque el comprobador a 750 V de CC para medir la tensión.
Esta comprobación permite conocer si es seguro extraer la batería del HV.

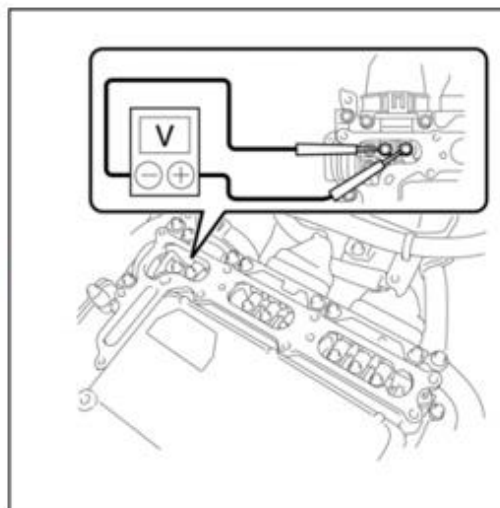


Ilustración 30: Paso 10 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

El paso 10 servirá para comprobar si es que existe un paso de corriente o voltaje, lo que indicará si es seguro o no retirar la batería. Para ello, se debe utilizar un voltímetro que será utilizado para comprobar un voltaje estándar; el cual debería marcar 0V.

No se recomienda continuar con el desmontaje de los componentes si es que la tensión en el sistema no es igual a 0, ya que la alta tensión que se maneja en este tipo de sistemas puede ocasionar lesiones de alta gravedad e inclusive la muerte.

11. Corte el cinturón de seguridad trasero central.

12. Retire el conjunto del cojín del asiento trasero.

- (1) Desenganche de la carrocería del vehículo los 2 ganchos delanteros del cojín del asiento, tal y como se muestra en la ilustración.
- (2) Desenganche del respaldo del asiento las 2 guías del cojín.
- (3) Retire el conjunto del cojín del asiento trasero.

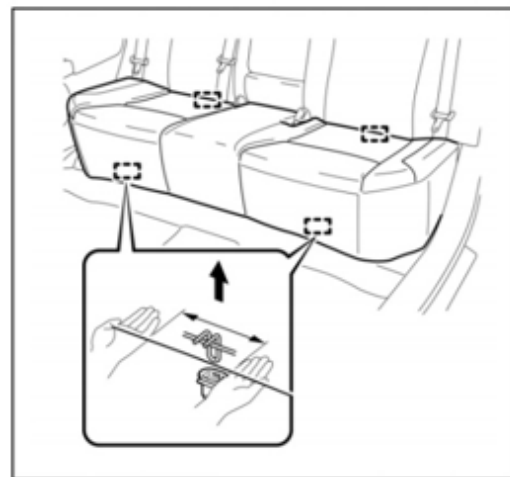


Ilustración 31: Paso 11-12 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para poder retirar el conjunto del cojín del asiento trasero, el fabricante solicita cortar el cinturón de seguridad trasero central, sin embargo, en algunos modelos este puede ser desmontado para evitar cortarlo.

Para retirar el cojín del asiento trasero, se debe desenganchar de la carrocería del vehículo los 3 ganchos delanteros del cojín; justo como se muestra en la ilustración. Una vez hecho esto, se desengancha del respaldo del asiento las 2 guías del cojín y finalmente se puede retirar el conjunto del cojín trasero.

13. Extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho.
(1) Quite el perno.



Ilustración 32: Paso 13 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para extraer el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho se debe retirar el perno de sujeción.

- (2) Desenganche las 2 guías y extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho.

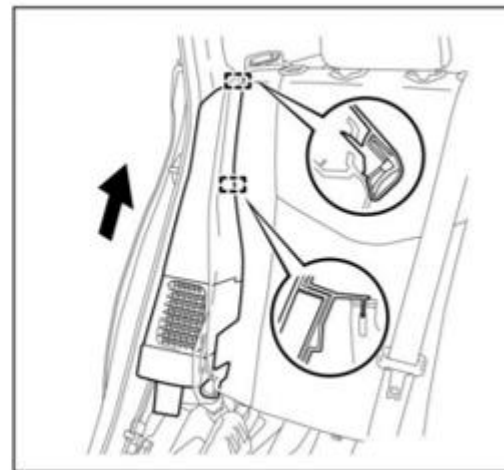


Ilustración 33: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Una vez que se desenganchan las 2 guías, ya se puede extraer el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho.

14. Extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero izquierdo.
(1) Quite el perno.

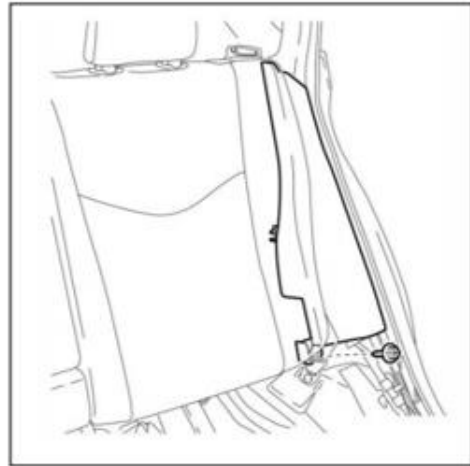


Ilustración 34: Paso 14 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para desmontar el conjunto del respaldo del asiento posterior izquierdo se debe seguir el mismo procedimiento que el conjunto del respaldo del asiento posterior derecho. Se quita el perno de sujeción y se procede con el paso 2.

- (2) Desenganche las 2 guías y extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero izquierdo.

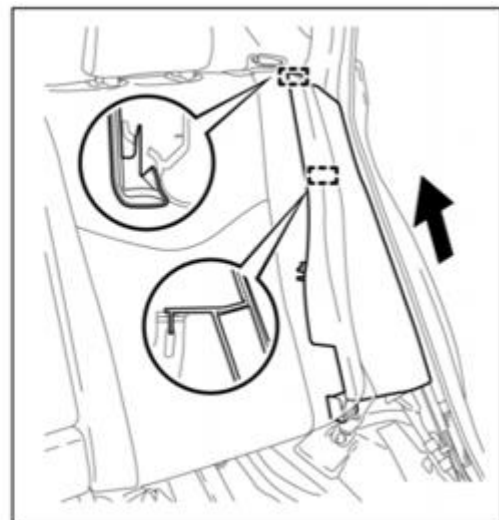


Ilustración 35: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Tal como en el paso 13, el sub paso 2 consiste en retirar las 2 guías que sujetan al conjunto del respaldo del asiento posterior izquierdo, una vez retiradas; ya se puede desmontar el mismo.

15. Desconecte el conjunto del cinturón de seguridad central del asiento trasero.

- (1) Extraiga el perno y desconecte la pieza de anclaje del conjunto del cinturón de seguridad central del asiento trasero.

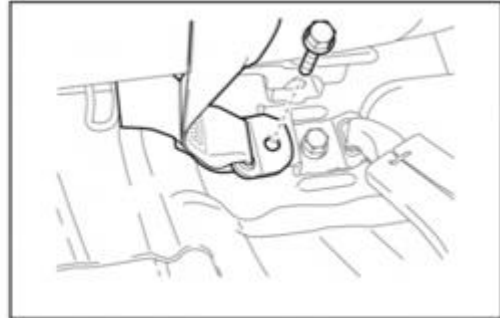


Ilustración 36: Paso 15 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

El paso quince nos indica que debemos desconectar el cinturón de seguridad del asiento trasero. Para ello, debemos extraer el perno y desconectar la pieza de anclaje del cinturón de seguridad central del asiento trasero; tal como se muestra en la ilustración.

16. Extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero izquierdo.

- (1) Extraiga los 2 pernos y el conjunto del respaldo del asiento trasero izquierdo.

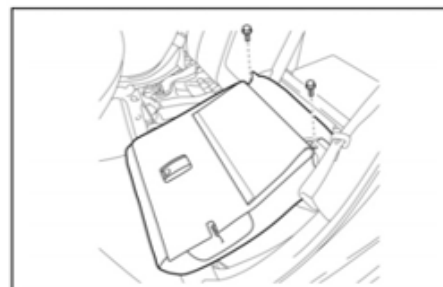


Ilustración 37: Paso 16 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Una vez que hemos retirando el cinturón de seguridad del asiento trasero, podemos proceder a quitar el conjunto del respaldo del asiento trasero izquierdo. Para ello, extraemos los 2 pernos que lo sujetan y así poder extraer el respaldo del asiento posterior izquierdo.

17. Extraiga el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho.
(1) Extraiga los 2 pernos y el conjunto del respaldo del asiento trasero derecho.

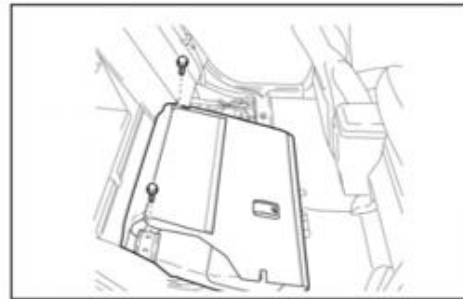


Ilustración 38: Paso 17 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para retirar el conjunto del respaldo del asiento posterior derecho, debemos retirar los 2 pernos que sujetan al conjunto para tener libre el respaldo y poder retirarlo.

18. Extraiga el soporte del soplador de refrigeración de la batería.

Aviso:

- No toque el ventilador de los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería.
- No levante los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería por el mazo de cables.

- (1) Desconecte los conectores del conjunto del soplador de refrigeración de la batería.

- (2) Quite los 4 pernos y extraiga el soporte del soplador de refrigeración de la batería.

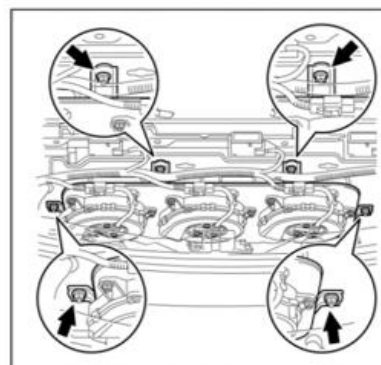
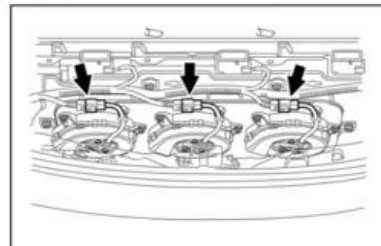


Ilustración 39: Paso 18 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Este paso requiere tomar ciertas precauciones relativamente evidentes. No se debe tocar el ventilador del conjunto de refrigeración de la batería y tampoco se debe extraer el conjunto tomándolo por el mazo de cables ya que se puede dañar.

Para extraer el conjunto del soplador de refrigeración de la batería se debe empezar por desconectar los conectores del conjunto, una vez realizado esto; se procede a desmontar los 4 pernos que sujetan al conjunto y así poder finalmente extraer el conjunto del soplador de refrigeración de la batería.

19. Extraiga el conducto de admisión n° 5 de la batería híbrida.
(1) Quite los 2 clips y extraiga el conducto de admisión n° 5 de la batería híbrida (secundario 2).

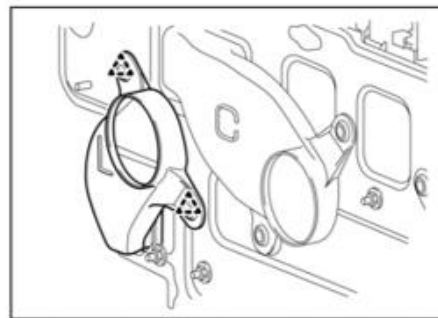


Ilustración 40: Paso 19 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Paso 19. Para extraer el conducto de admisión n°5 de la batería híbrida se debe seguir el siguiente procedimiento, se deben quitar los 2 clips que sujetan al conducto, así este quedará libre y se podrá sacar libremente el conducto secundario número 2.

- (2) Quite los 2 clips y extraiga el conducto de admisión n° 5 de la batería híbrida (secundario 1).

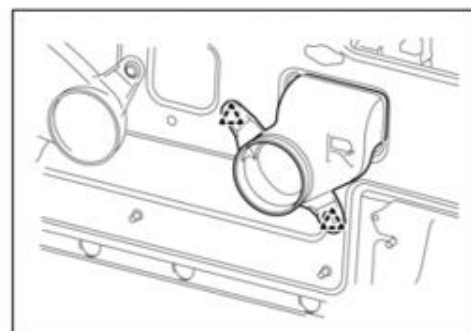


Ilustración 41: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para quitar el conducto de admisión n°5 secundario 1, se debe quitar los 2 clips de sujeción al igual que el secundario 2; así este queda libre y se lo puede retirar.

(3) Quite los 2 clips y extraiga el conducto de admisión n° 5 de la batería híbrida (principal).

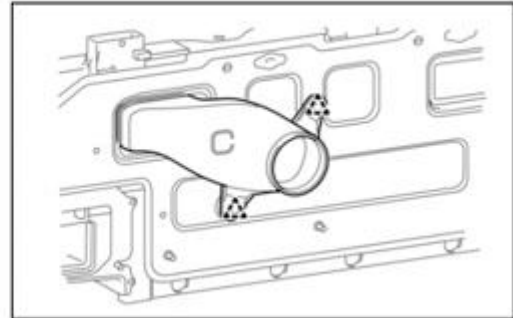


Ilustración 42: Sub paso 3 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Por último, para retirar el conducto de admisión n°5 principal de la batería híbrida, se quitan los 2 clips que lo sujetan y se lo retira.

20. Extraiga el conjunto del soplador de refrigeración de la batería.

Aviso:

- No toque el ventilador de los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería.
- No levante los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería por el mazo de cables.

(1) Quite las 9 tuercas y los 3 conjuntos del soplador de refrigeración de la batería.

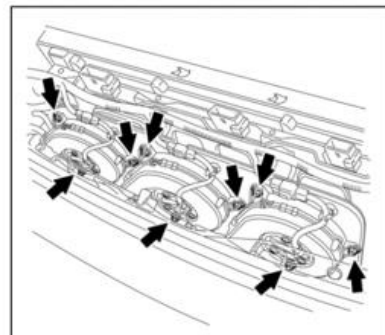


Ilustración 43: Paso 20 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Una vez que se han retirado los conductos, tenemos libre acceso al conjunto del soplador de refrigeración de la batería, el mismo que se recomienda no tocar los ventiladores y no sacarlos del mazo de cables al igual que el soporte de este. Para sacarlo, se retiran las 9 tuercas correspondientes de sujeción y los 3 conjuntos del soplador de refrigeración quedará libre para su desmontaje.

21. Desconecte el mazo de cables.
(1) Desconecte los 3 conectores y las 4 abrazaderas.

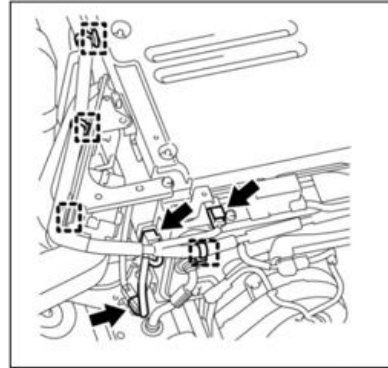


Ilustración 44: Paso 21 para la manipulación de la batería HV.
(Toyota, 2014)

En el paso 21, procedemos a desconectar el mazo de cables; primeramente, se desconectan los 3 conectores y luego las 4 abrazaderas para evitar cualquier inconveniente en su desmontaje.

22. Extraiga el soporte del soplador de refrigeración del convertidor.
(1) Quite los 2 pernos y extraiga el soporte del soplador de refrigeración del convertidor.

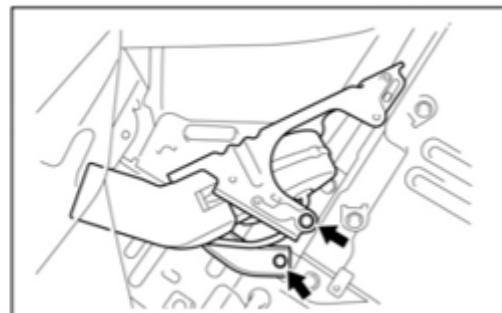


Ilustración 45: Paso 22 para la manipulación de la batería HV.
(Toyota, 2014)

En el paso 22, podemos desmontar el segundo soporte del soplador para que tengamos acceso al conducto de escape, se quitan los 2 pernos de sujeción y se desmonta el soporte.

23. Extraiga el conducto de escape n° 2 de refrigeración del convertidor.

(1) Extraiga los 4 clips y el conducto de escape n° 2 de refrigeración del convertidor.

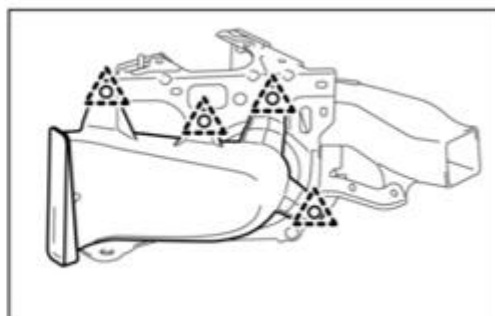


Ilustración 46: paso 23 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para extraer el conducto de escape n°2 de refrigeración del convertidor se extraen los 4 clips con ayuda de la herramienta específica para ello, ahí este quedará libre y se desmontará.

24. Extraiga el conducto de escape n° 3 de refrigeración del convertidor.

(1) Extraiga los 3 clips y el conducto de escape n° 3 de refrigeración del convertidor.

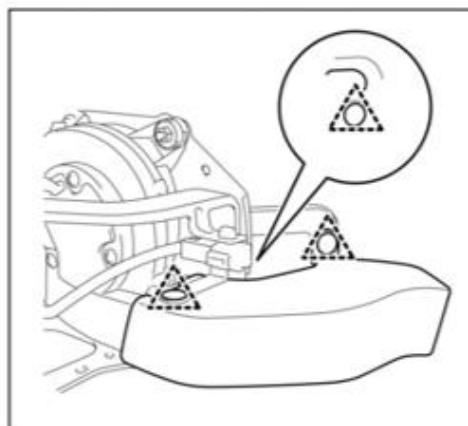


Ilustración 47: Paso 24 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Extraemos los 3 clips de sujeción del conducto de escape n°3 y quedará libre para poder desmontarlo.

25. Extraiga el conjunto del soplador de refrigeración de la batería (para el convertidor del vehículo híbrido).

Aviso:

- **No toque el ventilador de los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería.**
- **No levante los conjuntos del soplador de refrigeración de la batería por el mazo de cables.**

(1) Quite las 3 tuercas y la abrazadera, y extraiga el conjunto del soplador de refrigeración de la batería.

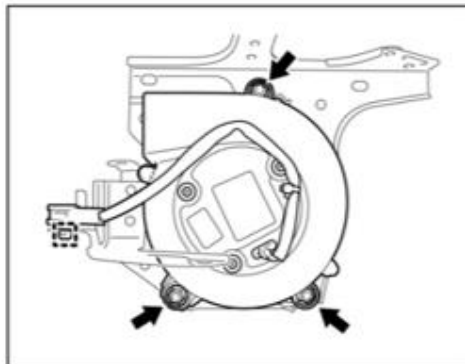


Ilustración 48: Paso 25 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para extraer el conjunto del soplador de refrigeración de la batería, específico para el convertidor del vehículo, se recomienda exactamente lo mismo que con los otros sopladores debido a que se pueden dañar. Se quitan las 3 tuercas y la abrazadera de este para que quede libre, luego se lo retira evitando topar los ventiladores.

26. Extraiga el conjunto del soporte del anclaje del asiento de sujeción para niños derecho.

(1) Quite los 2 pernos y extraiga el subconjunto del soporte de anclaje del asiento para niños derecho.

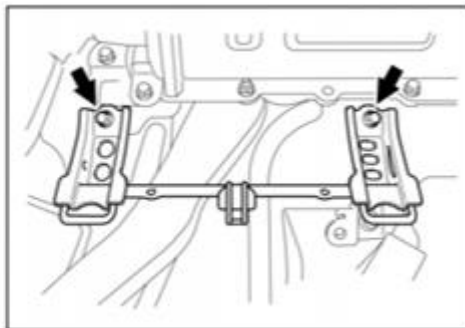


Ilustración 49: Paso 26 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

En el paso 26 ya se tiene libre acceso para el conjunto del soporte del anclaje del asiento de sujeción para niños derecho; para extraer este soporte se deben quitar los 2 pernos; quedará libre el soporte y se lo podrá extraer.

27. Extraiga el conducto de admisión n° 1 de la batería híbrida.
(1) Extraiga el clip y el conducto de admisión n° 1 de la batería híbrida (principal).

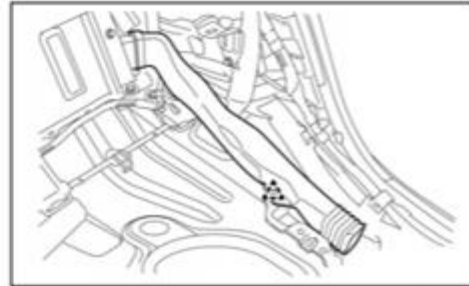
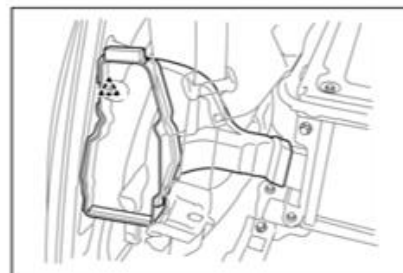


Ilustración 50: Paso 27 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Durante el paso 27 extraemos el conducto de admisión n°1 de la batería híbrida; para eso se debe extraer el clip de sujeción de este y se puede retirar este conducto principal.

- (2) Extraiga el clip y el conducto de admisión n° 1 de la batería híbrida (secundario 1).



- (3) Extraiga el clip y el conducto de admisión n° 1 de la batería híbrida (secundario 2).

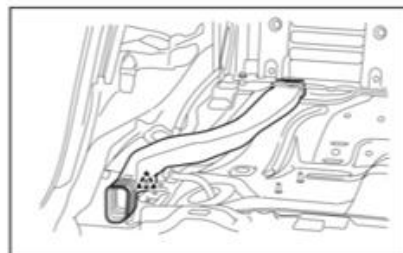


Ilustración 51: Sub paso 2 y 3 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

De igual forma, para retirar el resto de los conductos (secundario 1 y 2) se deben retirar los clips de sujeción y dejarlos libres; así se los podrá retirar con facilidad.

28. Extraiga el panel de la tapa delantera de la batería híbrida.
(1) Extraiga las 2 tuercas y el panel de la tapa delantera de la batería híbrida.

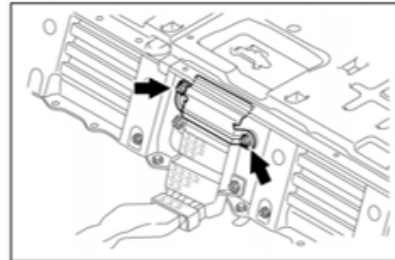


Ilustración 52: Paso 28 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Paso 28; para desmontar el panel de la tapa delantera de la batería híbrida se extraen las 2 tuercas que lo sujetan, una vez libre se retira este panel.

29. Extraiga el subconjunto de la tapa de la batería del HV.
Precaución:
Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.
(1) Separe las 2 garras y las 3 abrazaderas, y extraiga el oscilador interior de la llave eléctrica.

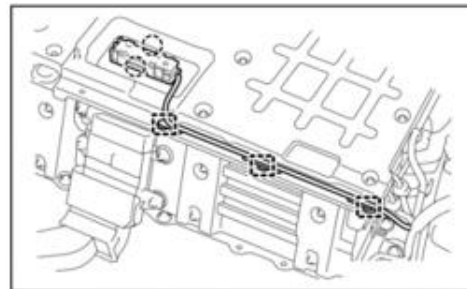


Ilustración 53: Paso 29 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para este procedimiento del desmontaje del subconjunto de la tapa de la batería HV, se deben usar guantes aislantes y gafas protectoras.

Se separan las 2 garras y las 3 abrazaderas que sujetan al conjunto, una vez que este se encuentra libre, se extrae el oscilador interior de la llave eléctrica.

- (2) Quite las 18 tuercas y el subconjunto de la tapa de la batería del HV.

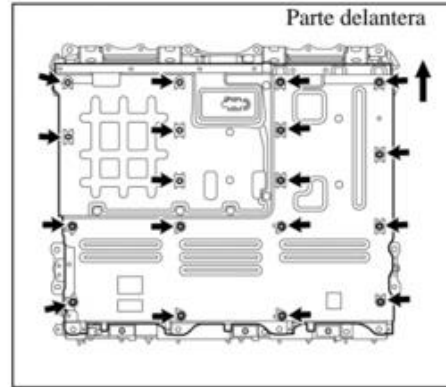


Ilustración 54: Sub paso 2 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para extraer finalmente el subconjunto se quitan las 18 tuercas que lo sujetan para que este quede libre; ahí se procede a sacarlo con precaución para evitar golpes y posibles daños.

30. Desconecte el cable del bastidor.

Precaución:
Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.

Aviso:
Aísle los terminales del cable del bastidor que ha extraído con cinta aislante.

- (1) Quite las 5 tuercas y desconecte el cable del bastidor del conjunto del bloque de empalmes de la batería híbrida.
- (2) Desenganche la abrazadera, quite la tuerca y desconecte el cable del bastidor del convertidor del vehículo híbrido.
- (3) Desconecte el conector para desconectar el cable del bastidor del relé de carga de la batería híbrida.

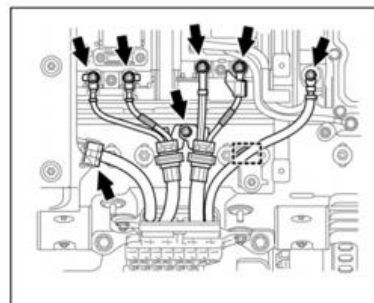


Ilustración 55: Paso 30 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

En este paso, también se debe tomar en cuenta la precaución y uso de guantes aislantes y gafas protectoras. Es importante que se aíse los terminales del cable del bastidor que se ha extraído previamente.

Para desmontar este cable, se deben quitar las 5 tuercas y se debe desconectar el cable del bastidor del conjunto del bloque de empalmes de la batería híbrida.

Una vez realizado esto, se debe desenganchar la abrazadera; quitar la tuerca de sujeción y desconectar el cable del bastidor que se encuentra conectado al convertidor del vehículo. Hecho esto, se desconecta el conector del cable del bastidor que va hacia el relé de carga del vehículo.

- (4) Extraiga las 2 tuercas y el cable del bastidor de la batería híbrida.

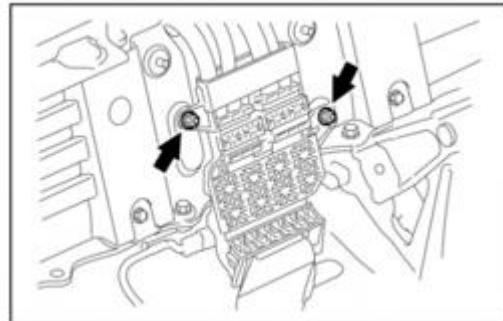


Ilustración 56: Sub paso 4 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Se extraen las 2 tuercas de sujeción y finalmente el cable del bastidor de la batería HV.

31. Extraiga el convertidor del vehículo híbrido.

Precaución:

Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.

Aviso:

Aísle los terminales del cable del bastidor que ha extraído con cinta aislante.

(1) Desenganche la abrazadera y desconecte el conector.

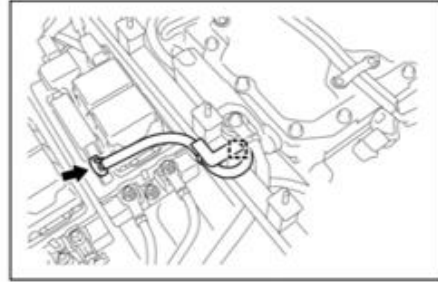


Ilustración 57: Paso 30 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Una vez que se ha extraído el cable, quedará libre el convertidor del vehículo. Para desmontar este elemento se debe usar guantes aislantes y gafas de protección, adicional tomar la precaución de aislar los terminales con cinta aislante.

Primer paso, desenganchar la abrazadera y desconectar el conector.

(2) Desconecte los 2 conectores.



(3) Extraiga las 4 tuercas y el convertidor del vehículo híbrido.

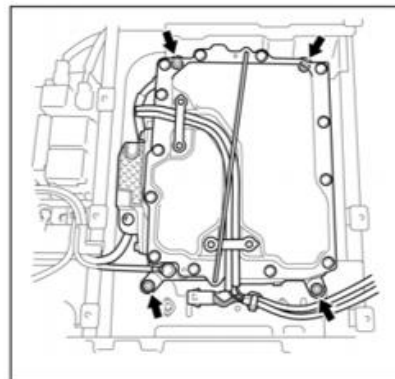


Ilustración 58: Sub paso 2 y 3 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Se desconecta los 2 conectores y se extraen las 4 tuercas para que el convertidor del auto quede libre y se pueda extraer con facilidad.

32. Extraiga el conducto de escape de refrigeración del convertidor.

Precaución:

Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.

(1) Extraiga los 2 clips, la guía y el conducto de escape de refrigeración del convertidor.

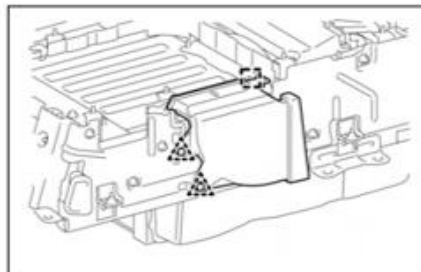


Ilustración 59: Paso 32 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para extraer este conducto de escape se debe retirar los 2 clips que los sujetan, la guía del conducto y quedará libre, una vez así se lo retira.

33. Instale el subconjunto de la tapa de la batería del HV.

Precaución:

Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.

(1) Instale provisionalmente el subconjunto de la tapa de la batería del HV con las 18 tuercas para evitar que entre agua o partículas extrañas en la batería del HV.

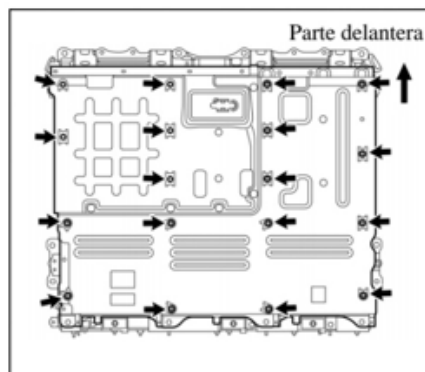


Ilustración 60: Paso 33 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Para poder finalmente terminar con la extracción de la batería HV, se debe volver a instalar el subconjunto de la tapa de la batería, ya que así podemos proteger que no entre agua o elementos extraños a la batería y puedan generar algún daño interno.

34. Extraiga la batería del HV.

Precaución:

Asegúrese de utilizar guantes aislantes y gafas protectoras.

Aviso:

Aísle los terminales del cable del bastidor que ha extraído con cinta aislante.

(1) Quite los 2 pernos de los soportes superiores de la sujeción de los amortiguadores de la puerta del maletero.

Observación:

Pida a alguien que sostenga la puerta del maletero.

(2) Gire los soportes superiores de la sujeción de los amortiguadores de la puerta del maletero hasta que queden invertidos tal y como se muestra en la ilustración, y colóquelos con los 2 pernos.

Observación:

Con este paso se obtiene holgura adicional y se evitan interferencias entre la carrocería del vehículo y la minigrúa cuando se extrae o se instala la batería del HV.

Ilustración 61: Paso 34 y advertencia para la manipulación de la batería HV.

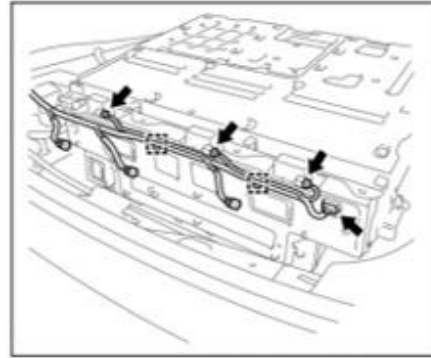
(Toyota, 2014)

Una vez que la batería se encuentra libre, se deben seguir los siguientes sub pasos para poder extraerla de forma segura.

Se deben quitar los 2 pernos de los soportes superiores de la sujeción de los amortiguadores de la puerta del maletero. Debemos asegurar la puerta o con ayuda de alguien que la sostenga y la mantenga abierta.

Se giran los dos soportes de la sujeción de la puerta hasta que queden invertidos completamente y se vuelve a colocar los pernos.

(3) Desconecte los 4 conectores y las 2 abrazaderas.



(4) Coloque los 4 cáncamos en las ubicaciones mostradas en la ilustración.

Observación:
Asegúrese de utilizar los cáncamos suministrados con la batería del HV.

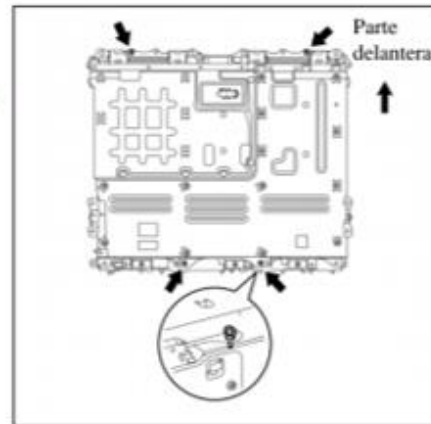


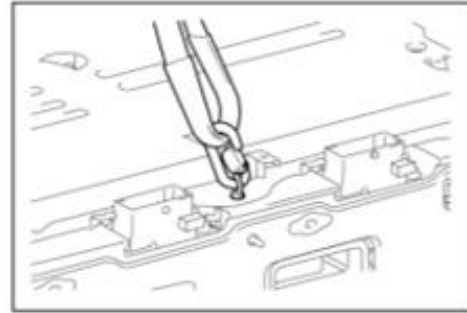
Ilustración 62: Sub pasos 3 y 4 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Se desconecta los 4 conectores y luego las 2 abrazaderas. Se coloca los 4 cáncamos en las ubicaciones señaladas en la ilustración, de tal forma que sea seguro para su desmontaje; se debe tomar en cuenta de utilizar los propios de la batería.

- (5) Fije los ganchos y las correas tal y como se muestra en la ilustración.

Aviso:
Asegúrese de utilizar ganchos y correas que sean lo bastante fuertes como para soportar el peso de la batería del HV.



- (6) Utilice dos paños para proteger las superficies de la batería del HV allí donde entre en contacto con las correas.

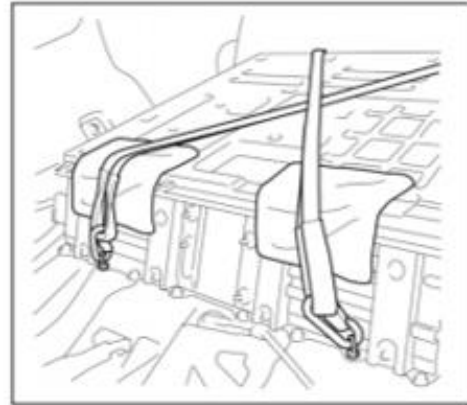


Ilustración 63: Sub pasos 5 y 6 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

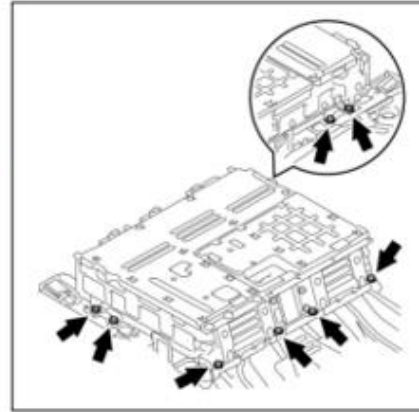
Se fijan los ganchos y correas con los que se desmontará la batería y se colocan elementos no abrasivos que sean capaces de proteger la superficie de la batería y no se dañe al contacto directo de las correas.

Para esto, es importante que se tenga a disposición todos los elementos listos ya que se tiene la batería expuesta y el proceso pueden generar basuras que puedan entrar y contaminar la misma.

(7) Quite los 6 pernos y las 2 tuercas.

Observación:

- Coloque cinta en la base y los bordes de la batería para proteger las herramientas y la carrocería del vehículo.
- Utilice un cartón u otro material similar para evitar que se produzcan daños en la batería del HV y en la carrocería del vehículo.



(8) Utilice un dispositivo adecuado, como por ejemplo correas, para extraer la batería del HV.

Precaución:

Para evitar sufrir lesiones personales y que se produzcan accidentes debido al peso de la batería del HV, siga los procedimientos especificados y procure equilibrar la batería cuando la extraiga o la instale.

Aviso:

Asegúrese de que la batería del HV no interfiera con la carrocería del vehículo durante el proceso de extracción o instalación.

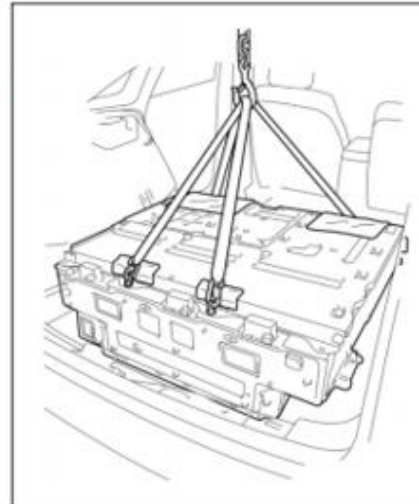


Ilustración 64: Sub pasos 7 y 8 para la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Una vez que la batería se encuentre correctamente sujeta, se deben extraer los 6 pernos y 2 tuercas; las mismas que se muestran en la ilustración. De igual forma, para evitar dañar la carrocería o la batería, se deben utilizar elementos como cartón y paños que protejan de la manipulación con herramientas.

Finalmente, se utiliza un dispositivo o herramienta que permita retirar la batería de su habitáculo de forma segura, tal como un tecla.

35. El conjunto de la batería del HV se puede reciclar. Póngase en contacto con su distribuidor Toyota (si aparece en la etiqueta de advertencia de la batería del HV) o con el concesionario Toyota más cercano (consulte la página siguiente para ver ejemplos de la etiqueta de advertencia de la batería del HV).

Precaución:

- **Cuando se haya extraído la batería del HV, deben realizarse las siguientes inspecciones. De acuerdo con los resultados, tal vez sea necesario descargar la electricidad almacenada en la batería del HV.**
 - **Avería relacionada con la temperatura de la batería**
 - **Fuga de la batería, fuga de electricidad**
 - **Deformaciones**
 - **Averías relacionadas con la tensión**
- **Tras extraer la batería del HV, no vuelva a instalar el enganche de la toma de servicio en la batería del HV.**

Ilustración 65: Advertencia y precaución de la manipulación de la batería HV.

(Toyota, 2014)

Tomar en cuenta cualquier avería, daño o desperfecto de la batería antes de su manipulación para evitar posibles accidentes. Realizar las inspecciones correspondientes y sobre todo, no volver a colocar el enganche en la toma de servicio de la batería; esto podría energizarla y causar lesiones o dañar la batería.

3.8. Procedimiento de análisis para comprobar el estado de la batería

El equipo de análisis tiene la capacidad de analizar diferentes tipos de celdas siempre y cuando la conexión realizada sea de forma correcta y tomando en cuenta los valores de voltaje correctos. En el caso de las baterías de los vehículos Prius y Honda (las utilizadas en este proyecto), cuentan con celdas de 7,2 Voltios como voltaje nominal de las mismas, por lo que se pueden analizar hasta 14 celdas al mismo tiempo y se pueda realizar de forma eficiente. En cambio, en el caso de las celdas del Highlander, las celdas cuentan con un voltaje nominal de 9,6 Voltios, por lo que el análisis de esta resultó de diferente, ya que el equipo igualaba los voltajes y la carga se detenía. Para

ello, se debe realizarlo con 10 a 12 celdas máximo para que el análisis sea más eficiente.

En todos los casos, se debe desarrollar una tabla de datos que permita recolectar la suficiente información para analizar el estado de la batería. Para ello, se debe considerar el tiempo, voltaje y amperaje con el que se está trabajando para determinar la constancia en el tiempo de la carga y la corriente, y el voltaje para reconocer si la batería se encuentra en carga completa o no.

Una vez que se tiene lista una tabla de recolección de datos, se preparan las celdas que se utilizarán para analizar. Todas deben ser colocadas en un soporte de celdas para evitar movimientos y/o desconexiones accidentales que puedan interrumpir el proceso y a su vez un posible daño o fallo en las celdas. Se prepara el equipo y todo debe ser colocado en un ambiente ventilado ya que el proceso genera calor en el equipo y las celdas.

Fase 1:

Se desmontan las celdas del bloque (batería) y se colocan en un soporte de celdas. Este permitirá conectar las celdas y que tengan ventilación suficiente para evitar sobrecalentamientos.

Se prepara la zona donde se realizará el proceso y se debe procurar que exista una buena ventilación en general. Se debe evitar que el equipo o el bloque se encuentren en un lugar muy cerrado o caliente.

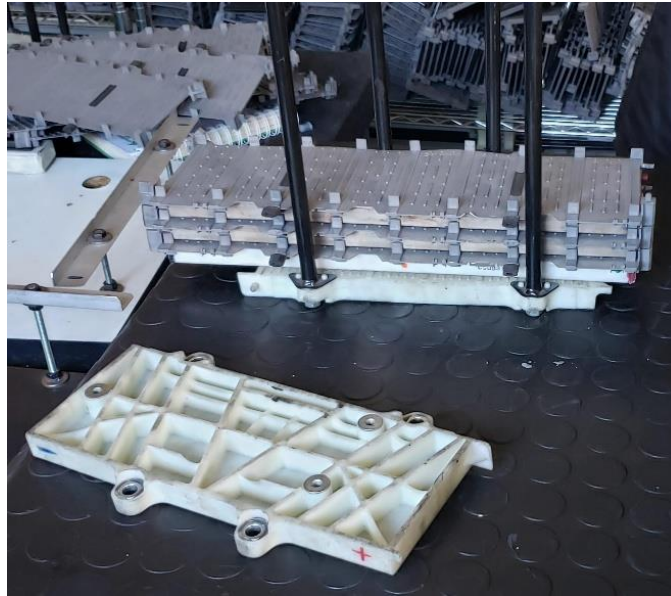


Ilustración 66. Soporte de celdas. Celdas de Toyota Highlander.
Tomada por Carlos Álvarez el 31/08/2020

Los soportes de batería deben ser ajustados de forma que las celdas no se muevan y se encuentren seguras en el mismo.

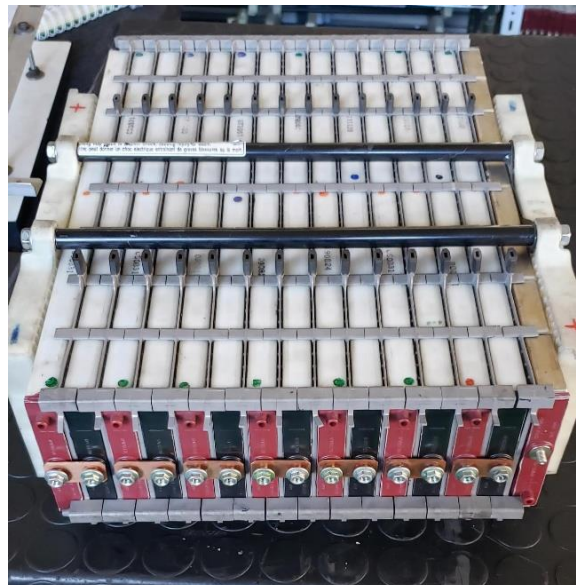


Ilustración 67. Celdas colocadas y sujetadas al soporte y conectadas en serie.
Tomada por Carlos Álvarez el 31/08/2020

Finalmente, se conectan las celdas en serie y se tiene el bloque de celdas listo para empezar con el análisis.

Fase 2:

Se prepara el equipo y se alistan todos los elementos para que el procedimiento sea seguro. Así mismo, se debe preparar la tabla de recolección de datos en conjunto con el equipo para evitar retrasos, ya que, el procedimiento debe ser preciso.

Fase 3:

Una vez que todo se encuentra listo, se debe conectar el equipo con el bloque de celdas de forma correcta, de lo contrario; se pueden ocasionar cortos o a su vez quemar algún componente.

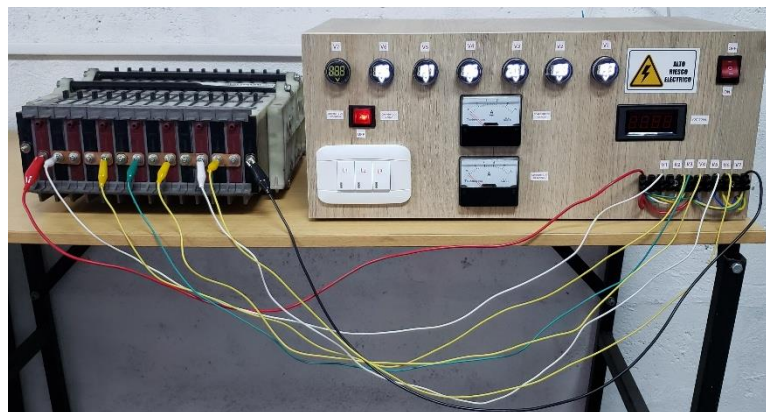


Ilustración 68. Equipo de comprobación conectado a las celdas.
Tomada por Carlos Álvarez el 31/08/2020

Fase 4:

Una vez que se encuentra todo conectado, se enciende el equipo y se verifica que todo se encuentre en orden, de lo contrario, se debe verificar si existe algún problema antes de encender el equipo. Cuando todo está listo y se ha verificado que todo está en orden, se da paso a encender el equipo.

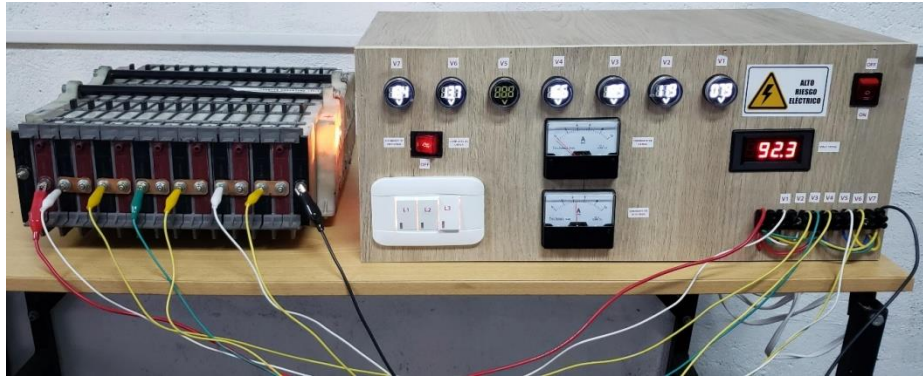


Ilustración 69. Equipo encendido en fase de descarga total de las celdas.
Tomada por Carlos Álvarez el 31/08/2020

Fase 5:

Durante la fase 5, el equipo se encuentra en proceso de descarga total de las celdas, ya que, para iniciar el proceso de forma correcta, las celdas deben ser descargadas por completo (hasta su voltaje mínimo de recuperación). Este proceso puede tardar varias horas según sea el estado de las celdas, en algunos casos unas tardarán más que otras.

Fase 6:

Una vez que se ha descargado la batería por completo, se realiza una carga total de la batería a un amperaje constante para conocer cuánto es la carga que posee la batería.

En otras palabras, si se sabe que la capacidad de la batería es de 6,5A/h, y se carga a 2A, la batería deberá estar cargada en 3 horas y 15 minutos aproximadamente, es por ello por lo que toca verificar la cantidad de corriente que está entrando en la batería. Cuando la batería se encuentre cargada se deberá colocar el interruptor en la posición neutral para evitar una posible sobre carga de la batería. Durante el

proceso se tomarán los datos del amperaje de carga para determinar un promedio y conocer la cantidad de carga.

Fase 7:

En esta fase de descarga, a diferencia de la inicial, se debe realizar con un amperaje constante con el objetivo de determinar si la batería es capaz de entregar la misma cantidad de amperaje en el mismo tiempo; esto será determinante para conocer si la batería o las celdas se encuentran en estado óptimo de funcionamiento. Para poder lograr una descarga relativamente constante con este equipo se manipulan los diferentes switches de consumidores y mantener un promedio de descarga constante.

Fase 8:

Esta fase es muy importante para determinar si la batería es capaz de retener la carga a corto plazo. Se debe dejar las celdas conectadas y dejarlas durante 24 horas, se realiza una medición previa y una posterior del voltaje de las celdas en conjunto; si es que la variación es de +; - 2%, se determina que las celdas no se encuentran en estado óptimo para ser colocadas de vuelta en el vehículo.

Fase 9:

Como fase final del proceso completo, existen dos posibilidades. En caso de que las celdas hayan sido verificadas y la medición de voltaje haya sido menor al 2%, se deben dejar en reposo durante 7 días y la variación de voltaje no debe ser mayor al 2% del valor original (inicial) y ahí se determina que las celdas se encuentran en estado óptimo.

El proceso completo puede ser tardado, sin embargo, permite asegurar que el funcionamiento, estado de salud/carga (SOC), rendimiento y vida útil de las celdas se

encuentran en un determinado porcentaje. Con esa información el técnico o ingeniero puede determinar si es ideal colocarlas de vuelta en el bloque de batería o no, de lo contrario, el vehículo nuevamente podría tener fallas o simplemente tener un bajo rendimiento.

3.8.1. Procedimiento de análisis del rendimiento

Para conocer y determinar el rendimiento que mantienen las celdas de la batería HV se debe seguir el mismo procedimiento. Lo que permitirá saber el porcentaje serán las tablas de resultados que se hace durante el proceso. La información tomada se interpreta en ciertas fórmulas que darán como resultado el rendimiento que son capaces de ofrecer todavía.

Por ejemplo, en el caso de la batería HV del Toyota Prius utilizada en el análisis, se creó una tabla de resultados y seguimiento del proceso. Esta tabla nos permite determinar un promedio de amperaje de carga en un determinado tiempo y así mismo crear una gráfica para visualizar la variación de este.



Ilustración 70. Curva de descarga de las celdas de Toyota Prius.
Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas. 31/08/2020

Según la gráfica se puede determinar si la carga pudo mantener una constancia. En la gráfica se observa una constancia considerable en un periodo de tiempo, lo que ayuda a determinar que las celdas no cuentan con una resistencia a ser cargadas como tal.

$$(1) A_{prom} = A1 + A2 + A3 \dots / \#A_{tomados}$$

Para determinar el amperaje promedio con el que se descargaron las celdas, se debe realizar una suma de todos los valores registrados en la tabla y dividirlos para el número de datos de amperajes tomados. En la tabla de Excel se realiza esta operación automáticamente para determinar el promedio de este, con el objetivo de conocer si existe algún tipo de resistencia a la carga o algún tipo de fuga de energía.

3.8.2. Procedimiento de análisis de la eficiencia

Para determinar la eficiencia de la batería se debe realizar una comparación entre la capacidad de descarga y la capacidad de retención de carga. Cuando una batería descarga muy rápido cuando el consumidor exige poca corriente, existe un problema de retención de carga y de almacenamiento de energía. Es por esto por lo que, durante el proceso, en las fases 8 y 9, se realiza la ecualización y el tiempo de reposo para conocer si las celdas son capaces de mantener almacenada la energía.

$$(2) A_{de\ carga} = Amp_{en\ almacenamiento}$$

Otra forma en la que se puede determinar si las celdas son capaces de entregar y almacenar la corriente, se debe realizar un proceso de carga y descarga rápida. Este proceso es similar al descrito, la diferencia es que este se realiza de forma rápida sin necesidad de una ecualización.

$$(3) \text{ Amp}_{en \text{ almacenamiento}} = \text{ Amp}_{solicitado}$$

El proceso consiste en cargar durante un tiempo corto las celdas con una corriente constante. Por ende, suponiendo que las celdas son cargadas a 2 A/h por una hora, para luego ser descargada con un consumidor de 2 A, por una hora; las celdas deberán ser capaces de entregar los 2 A en una hora. Debido a factores externos como temperatura generada durante el proceso, materiales, etc. se entiende que el tiempo no será exacto, sin embargo, se esperaría que la descarga no sea menor al 85% del tiempo requerido.

3.8.3. Procedimiento de análisis de la vida útil/SOC

Para conocer el SOC de las celdas, se debe realizar un cálculo relativamente sencillo. Para ello, se necesita una toma de datos exacta para conocer el estado de carga o vida útil (comúnmente conocida). Para ello, se debe relacionar el tiempo de carga, el amperaje de carga, el tiempo de descarga y el amperaje de descarga. Entre todos los datos, se realiza un cálculo sencillo.

De igual forma que el procedimiento anterior, se carga la batería durante un periodo de tiempo a un amperaje constante y de igual forma la descarga. La diferencia está en que se debe realizar una carga y una descarga completas, se debe monitorear cual pack de celdas se descarga por completo primero, y luego ir tomando y tiempo que demora en descargar cada pack restante, esto será de suma importancia para determinar el SOC de las celdas y de igual forma para determinar cuál es la celda que ocasiona que la ECU envíe código de falla.

Para determinar el SOC de las celdas, se debe realizar el siguiente cálculo con la relación de tiempo de carga vs tiempo de descarga:

$$(4) T_{carga} - T_{descarga} = \%variación$$

En la siguiente ecuación; el tiempo de carga hace referencia el tiempo que hemos cargado las celdas con un amperaje constante, (en el caso del equipo de análisis utilizado, se ha tomado en cuenta un amperaje promedio), ese tiempo vs el amperaje daría a conocer el porcentaje de carga que tienen las celdas.

El tiempo de descarga hace referencia al tiempo que ha tardado la batería en ser descargada por un consumidor con un amperaje constante, (en el equipo de comprobación utilizado en el análisis se ha tomado en cuenta un amperaje de descarga promedio), con el objetivo de determinar si las celdas han sido capaces de entregar la misma cantidad de corriente y han sido capaces de almacenarla cantidad de corriente en carga.

Al realizar la operación dictada en la ecuación, podemos determinar un porcentaje de la variación que existe entre el tiempo de carga y el tiempo de descarga. Estos darán como resultado un indicador de desgaste de las celdas (componentes internos) que afectan a la retención de la energía.

$$(5) T_{carga} = T_{descarga}$$

Si como resultado obtenemos un 0%, indica que la batería se encuentra en un 100% de su vida útil o SOC=100%.

$$(6) T_{carga} > T_{descarga}$$

Si el tiempo de carga es mayor al tiempo de descarga puede existir algún inconveniente con las celdas, sin embargo, se sabe que una celda es todavía útil y apta para ser utilizada en el bloque de batería; cuando no baja del 85%. Esto se considera de esa forma porque generalmente las celdas, cuando se encuentran en el

bloque de batería, no cargan a su máxima capacidad debido a que pueden generar un sobre calentamiento.

Una celda se considerará óptima para funcionamiento cuando su SOC se encuentra por encima del 85%. Es por ello por lo que la variación entre el tiempo de carga y el tiempo de descarga no debe ser menor al 85%.

Relación del amperaje de carga y el amperaje de descarga:

$$(7) A_{carga} = A_{descarga}$$

Para que los cálculos y la toma de datos en la tabla de Excel es importante tomar en cuenta el amperaje, ya que de no ser constante tocaría realizar una serie de cálculos que ayuden a determinar el amperaje promedio, lo que provocaría que el análisis no sea del todo exacto.

En el equipo de análisis utilizado para este proyecto se ha tenido la ventaja de tener un control sobre los consumidores para lograr estabilizar el amperaje de descarga para que pueda ser más lineal. Sin embargo, en la carga puede existir cierta complicación para mantener el promedio.

El análisis de tres diferentes baterías ha sido de gran utilidad para conocer y determinar cómo se puede hacer un estudio más efectivo con este equipo específicamente. En el mercado hay baterías de diferentes capacidades y con los mismos materiales, como el caso de la batería del Toyota Prius y el Toyota Highlander.

Estas baterías son construidas con los mismos materiales y son muy similares, la diferencia entre estas es que la batería del Toyota Prius cuenta con un voltaje nominal

por celda de 7,2 Voltios; mientras que la batería del Toyota Highlander es de 9,6 Voltios por celda.

En el equipo de análisis de baterías HV construido, se ha planteado inicialmente la capacidad de analizar 14 celdas a la vez, en packs de 2. Esto permite acelerar el proceso ya que agiliza el trabajo. Sin embargo, el equipo tiene cierta capacidad en cuanto a la carga y descarga, por lo que es importante conocer el voltaje total del bloque a analizar.

En el caso del Toyota Prius contamos con la siguiente forma:

$$(1) V_{nom} = 7,2 \text{ v}$$

$$(2) V_{total} = 7,2 \text{ v} \times 14$$

$$(3) V_{tot} = 100,8 \text{ V}$$

El bloque de celdas del Toyota Prius cuenta con 100,8 voltios como voltaje total de las mismas. Teniendo en cuenta que el equipo trabaja con la corriente alterna que proviene de 110, que, al realizar una medición con un voltímetro, se determina que tiene una variación entre los 110 a 150 voltios.

Es decir, el equipo puede trabajar perfectamente, ya que, al tener mayor capacidad de alimentación, puede trabajar de forma correcta como una fuente de carga para el bloque de celdas y cargarlas a un determinado amperaje según se encuentre el SOC de las celdas.

A ese voltaje total, como un valor constante de la capacidad de carga de las celdas, se debe tomar en cuenta un 20% extra, ya que el voltaje nominal es el voltaje mínimo de capacidad de almacenamiento de las celdas. En otras palabras, para conocer la

capacidad de almacenamiento de energía de una celda se debe sumar el 20% del voltaje nominal al de la celda.

$$(1) V_{real} = V_{nom} + 20\%(V_{nom})$$

$$(2) V_{real} = 7,2v + 20\%(7,2v)$$

$$(3) V_{real} = 8,64 v$$

$$(4) V_{tot.real} = 8,64v \times 14$$

$$(5) V_{tot.real} = 120,96v$$

Como se pudo determinar, el voltaje real sigue siendo menor al voltaje de capacidad de carga del equipo, por ende, el procedimiento será capaz de realizarse con éxito y de forma efectiva.

En el caso del Toyota Highlander, cambia; ya que el voltaje nominal de las celdas de ese vehículo es de 9,6v.

$$(1) V_{nom} = 9.6 v$$

$$(2) V_{total} = 9.6v \times 14$$

$$(3) V_{tot} = 134,4 V$$

Realizando el cálculo con el voltaje nominal, podemos darnos cuenta de que el voltaje total de las celdas del Toyota Prius son muy cercanas a la capacidad del equipo.

$$(1) V_{real} = V_{nom} + 20\%(V_{nom})$$

$$(2) V_{real} = 9,6v + 20\%(9,6v)$$

$$(3) V_{real} = 11,52 v$$

$$(4) V_{tot.real} = 11,52v \times 14$$

$$(5) V_{tot.real} = 161,28v$$

Como podemos ver, el voltaje total real de las celdas del Toyota Highlander supera al voltaje de capacidad de carga del equipo. Esto representa un problema en el amperaje de carga directamente, por lo que será imposible llegar a cargar las celdas completamente y el análisis será incorrecto.

Para ello, se realizará un nuevo cálculo, pero con una cantidad menor en las celdas a analizar; el tiempo de análisis por bloque de celdas será un poco más tardado, ya que se analizarán menos celdas a la vez, sin embargo, será más preciso.

$$(1) V_{tot.real} = 11,52v \times 12$$

$$(2) V_{tot.real} = 138,24v$$

Realizar el análisis con 12 celdas podría ser más efectivo para que la capacidad del equipo sea mayor, sin embargo, el amperaje de carga podría ser menor al deseado y el proceso tardaría un poco más del tiempo estimado; pero el análisis sería realizado de forma efectiva y acertada.

3.9. Factores que intervienen en el rendimiento, eficiencia y vida útil de la batería

Una batería tiene la capacidad de almacenar cierta cantidad de energía. Esta capacidad de almacenaje puede verse afectada por diferentes factores que con el tiempo afectarán directamente a su duración, vida útil y rendimiento en general. Las baterías cuentan con ciertos componentes internos que mediante un proceso químico existe la transformación de la energía química en eléctrica; por lo tanto, se puede entender un desgaste de los componentes debido a su uso constante.

Otro factor es la temperatura, ya que, durante los procesos de carga y descarga a los que la batería se somete constantemente, generan un deterioro de los componentes y de la capacidad de la batería para contener dicha energía.

Otro factor puede ser que exista un corto interno en las celdas de la batería y exista una fuga de corriente que genere una descarga constante de la batería, así mismo como una celda que se encuentre dañada y pueda generar problemas que no permitan ofrecen un buen rendimiento y afecten al SOC a largo mediano plazo.

Para entender un poco más referente a los factores que pueden afectar al rendimiento, vida útil y eficiencia de la batería, la Universidad de Vigo, España, ha realizado un estudio con ayuda del *Departamento de Tecnología Electrónica sobre un Modelado y simulación de una batería de Ion-Litio*, donde se explica la relación teórica y práctica del funcionamiento de una batería. Se explica que el voltaje teórico y práctico son diferentes debido a varios factores que no se toman en cuenta en los cálculos, como la relación peso/volumen del electrolito, los cuales relacionan la energía específica vs la densidad de energía. De igual forma, se explica que la batería en la parte práctica proporciona a penas una fracción de la energía teórica; ya que, también intervienen la construcción de la batería, sus componentes y los reactivos; los mismos que no son precisamente tomados en cuenta en la parte teórica. (Iglesias, y otros, 2012).

Iglesias también explica que, en la parte práctica, una batería no descarga como lo muestra la parte teórica, ya que, no se descarga una batería hasta cero, tampoco toma en cuenta la capacidad de recuperación de energía como tal de una batería y el balanceo que se realiza.

Es decir, la parte teórica no toma en cuenta lo que se llama ecualización, que es la etapa en la que la batería iguala voltajes entre celdas y, en general, la capacidad de mantener un estado de balanceo desde el punto de vista estequiométrico. “todo esto reduce la energía específica de las baterías y celdas reales. La energía disponible de una batería depende directamente de los materiales que la componen y de su cantidad, cuanta más energía se necesita más cantidad de materiales son necesarios” (Iglesias, y otros, 2012) Es decir, la parte teórica no siempre será igual a la parte práctica debido a muchos factores que intervienen.

Para entender un poco más cómo estos factores pueden afectar a la vida útil de la batería, debemos entender que todo material se desgasta con un uso constante durante cierto periodo de tiempo. Los componentes reactivos que componen la batería sufren un constante desgaste debido a las reacciones químicas y por lo tanto esto afecta directamente a la vida útil de la batería como tal.

De la misma forma, si el SOC de la batería solía ser de un 90% a 95%, se verá reducido a un 70% a 75%, lo cual ya puede generar un código de falla, lo cual será indicado por la ECU para un posible cambio de celda o conjunto de celdas, según corresponda. El SOC de la batería puede verse afectado también debido a que una celda esté fallando, lo que generará otro código y podría entenderse como una falla general de la batería, por eso es importante realizar un análisis con el equipo de comprobación; ya que, así será más efectivo conocer si es una celda o si son varias las celdas que están fallando y tomar las acciones correctivas correspondientes.

Por otra parte, la eficiencia de la batería no será la misma, ya que, si se encuentra al 75% o menos, la capacidad de entregar la corriente de demanda necesaria para realizar una acción solicitada por el conductor, esta no será capaz de realizarlo, ya

que, tendrá una pérdida muy pronta de energía y se descargará rápidamente. Esto de igual forma presenta un código de falla y la ECU lo indicará en el tablero para un mantenimiento y chequeo de la batería en general. La eficiencia de la batería dependerá totalmente del SOC y del estado de los materiales, de lo contrario, la batería no será capaz de realizar su trabajo correctamente.

3.10. Cálculo de vida de operación de una batería HV reacondicionada

Primeramente, cabe explicar que no se puede realizar un reacondicionamiento de una batería HV que garantice un correcto funcionamiento, ya que, el resto de las celdas pueden presentar en un corto plazo fallas similares a las que ya presentaron las celdas que pudieron ser cambiadas. Es decir, si una batería HV al estar sometida a un trabajo constante, y se emite la alerta de falla de una celda o de un pack de celdas, quiere decir que la batería como tal puede estar llegando a su fin de vida útil. Por lo tanto, cambiar las celdas que se encuentren fallando puede ser favorable a corto plazo, ya que, las celdas no cambiadas ya tienen un uso y un desgaste considerable que pueden ocasionar dos cosas, que provoquen que las celdas cambiadas vuelvan a fallar o a su vez que otra celda o pack de celdas solicite un cambio.

No hay una garantía de que al cambiar un pack de celdas la batería vuelva a tener un correcto desempeño, la eficiencia no será la misma, el SOC no llegará al 90%; ya que, las celdas restantes ya tienen un desgaste. Haciendo una relación con lo que menciona Iglesias R. Lago A. Nogueiras C, etc. una batería no será la misma con un cambio de una celda, como tal el reacondicionamiento de una batería no es algo del todo posible.

Según el modelo de batería ya mencionado, se hace una referencia al SOC ideal teórico de una batería HV, que indica un 100% de su capacidad (SOC). Si las celdas de una batería originalmente instaladas en un estado completamente nuevo, teóricamente deberían ofrecer un 100% de SOC, sin embargo, por todos los factores ya mencionados previamente, se sabe que en la práctica no es así. En el caso del reacondicionamiento de una batería, el SOC se vería considerablemente afectado entre celdas nuevas y usadas.

Como se menciona en el texto, “Uno de los circuitos modela la capacidad de almacenamiento de energía de la batería y la carga almacenada durante los procesos de carga o descarga. El otro describe la resistencia interna de la batería y el comportamiento transitorio ante distintas cargas.” (Iglesias, y otros, 2012). Por ende, podemos entender que si existe una afección directa en el bloque de batería al cambiar una celda o un pack de celdas y no todas.

Para todo esto, Iglesias y otros, nos presentan la siguiente propuesta de cálculo para comprender que un reacondicionamiento no garantiza un buen rendimiento de la batería, tampoco una corrección en el SOC y por lo tanto la vida útil no será prolongada por mucho tiempo, como una batería nueva.

$$(1) E_{teor}(Wh) = V_{teor}(V) \times C_{teor}(Ah)$$

Donde E es la energía teórica que puede proporcionar una celda de batería, lo cual se lo expresaría con el voltaje teórico de la celda y la corriente teórica igualmente. Como lo plantea Iglesias; la energía teórica no será igual a la real debido a factores que afectan y producen una disminución de este.

Si se analiza como una batería reacondicionada, tendríamos una diferencia de voltajes, ya que una celda nueva contiene un mayor voltaje y capacidad de entregar

energía, en cambio, una celda nueva que se incorpora en la batería tendrá un voltaje diferente a las del resto; generando un desbalance general y provocando un voltaje desigual. Por lo tanto, se tuviese V_1 y V_2 , ambos se tendrían que sumar y ser divididos entre dos para conocer el voltaje promedio para usarlo en V_{teor} y ahí el cálculo ya no sería exacto y se podría entender un error de cálculo y así mismo un problema futuro en la batería.

De igual forma, Iglesias y sus otros colaboradores nos plantean una ecuación para entender que al alterar las características generales de una batería se puede ocasionar problemas en la misma.

$$(2) C_{cap}[F] = 3600[C/Ah] \cdot Capacidad[Ah] \cdot 1[V^{-1}] \cdot f_1(t) \cdot f_2(T)$$

En esta ecuación, donde C es la capacidad de la batería, hace una relación entre una constante de $3600 [C/Ah]$ debe ser multiplicada por la capacidad real de la batería en relación con la capacidad nominal f_1 y un factor corrector de envejecimiento de la batería f_2 . Así se podría determinar la capacidad de la batería al ser reacondicionada, podríamos determinar un valor de la capacidad teórica de la batería, pero el inconveniente es que la ecuación no relaciona al envejecimiento real de la batería y tampoco podría predecir la capacidad que la batería tendría en un futuro, por ende, no se puede conocer la vida útil de la batería reacondicionada de forma real, sino simplemente teórica.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos obtenidos post análisis del sistema

Los datos que se pudieron obtener se han determinado en cuestión del tiempo en relación con el amperaje para sacar y determinar ciertas características de las celdas. La eficiencia, el rendimiento y el SOC se determinan con estos datos, por lo tanto, la tabla de recolección de estos ha sido establecida en Excel automatizada para determinar estos resultados.

A continuación, se detalla las tablas de los 3 tipos de baterías analizados y se explica cada gráfica.

Primeramente, tenemos la tabla de la batería analizada de un Toyota Prius con el fin de establecer un parámetro de análisis en comparación con uno de los vehículos más vendidos y que ha ganado la fama de ser uno de los mejores híbridos en el mercado. Estas celdas cuentan con un voltaje nominal de 7,2 Voltios y una capacidad de carga de 6.5 A/h.

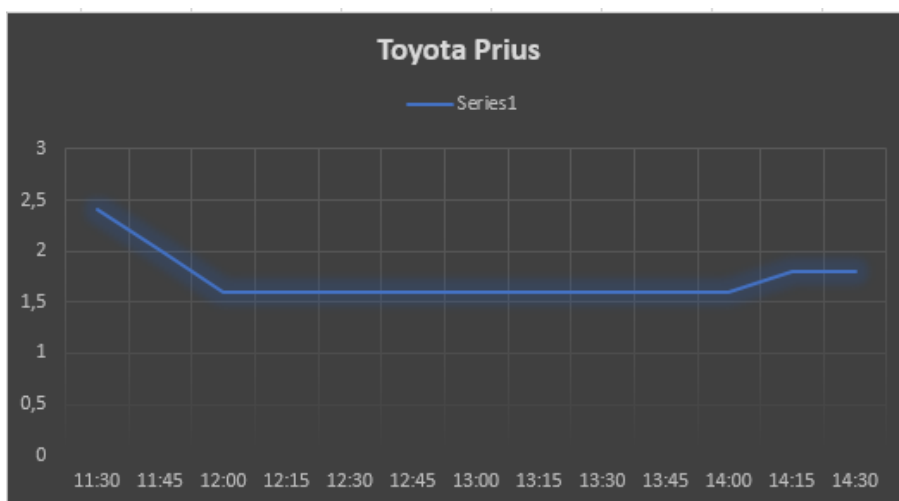


Ilustración 71. Curva de la variación de la carga vs tiempo de celdas de Toyota Prius.
Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Esta gráfica muestra el trabajo realizado por el equipo de análisis. El proceso graficado hace referencia a la variación del amperaje al momento de cargar las celdas. Esto es muy importante para el análisis debido a que al no ser un amperaje constante de carga; se debe sacar un promedio de este para conocer el porcentaje de carga que ingresa en las celdas y así poder realizarlo de forma más eficiente.

Así mismo, para entender un poco más el proceso se realiza una tabla con los datos mismos, los cuales deben ser ingresados manualmente por la persona que se encuentre realizando los análisis a las celdas.

TIEMPO	AMPERAJE	TIEMPO	AMPERAJE
11:30	2,4	13:15	1,6
11:45	2	13:30	1,6
12:00	1,6	13:45	1,6
12:15	1,6	14:00	1,6
12:30	1,6	14:15	1,8
12:45	1,6	14:30	1,8
13:00	1,6	Prom	1,72

Tabla 4. Datos del amperaje de carga vs tiempo.
Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Con los datos de la tabla se realiza la gráfica. Directamente con estos datos no se visualiza la variación del amperaje, sin embargo, permite determinar el promedio del amperaje de carga y así hacer una relación con el tiempo y conocer cuánto carga dimos a las celdas. En este caso específico del Toyota Prius se cargó durante 3 horas a un amperaje promedio de 1,72 A. Por ende, se entiende que la carga final teórica de las celdas es de 5,16 A/h de 6,5 A/h. Por lo tanto, podemos considerar que el porcentaje de carga de las celdas es del 79.38%.

Considerando que al cargar una batería hasta el 100% puede generar un exceso de temperatura y tomando en cuenta que, dentro del bloque de batería, la ECU de estas, busca mantener un porcentaje adecuado de carga (máximo 90%) siendo interpretado como 100% para evitar posibles fallas o daños en la misma, consideramos que al haberse cargado hasta el 79% prácticamente 80%, es un porcentaje de carga muy cercano al de trabajo en el vehículo.

Una vez que se ha realizado la carga establecida para un tiempo determinado, se deja a las celdas en "Stand – by" por un momento, ya que, si se realiza el proceso de descarga seguidamente al de carga, la temperatura podría elevarse demás y generar el hinchamiento de las celdas y ocasionar algún problema. A demás, es importante para conocer si han sido capaces de retener cierta cantidad de carga, ya que de lo contrario podríamos haber encontrado un desperfecto en las celdas y tener una idea de la posible falla en el bloque de batería en caso de haber sido llevado por mantenimiento el vehículo.

Para la descarga, se realiza una tabla donde se toma en cuenta los voltímetros que se están ocupando, es decir, si se está trabajando con 14 celdas, cada voltímetro es conectado para 2 celdas cada uno. En el caso de este Toyota Prius se conectaron 14 celdas a la vez, por ello se trabaja con los 7 voltímetros. Esta tabla tomará en cuenta el valor del amperaje de descarga durante el tiempo, y se tomará en cuenta el valor de voltaje por cada voltímetro para conocer si la descarga es rápida o lenta.

Descargar	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Amperaje
14:45	17,1	16,9	16,6	16,8	16,7	16,4	17,2	2,4
15:00	13,9	14,2	14	13,9	15,1	15,2	14,6	2
15:15	6	8,3	11	8,1	13,7	14,4	11,9	2
15:30		6	6	6	12,7	13,9	8,2	1,3
15:45							6	1,2
16:00					9,1	12,1		2,4
16:15					6	6		2,4
							Prom	1,96

Tabla 5. Datos de la descarga de las celdas del Toyota Prius. Voltaje, tiempo y amperaje de descarga.

Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Como podemos analizar en esta tabla de descarga, hay varios packs de celdas que han descargado más rápido que otros. Esto es un indicador de que dichos packs de celdas no se encuentran en buenas condiciones, el SOC de estos varía demasiado rápido, la eficiencia de estos packs es muy baja debido a que sus componentes internos ya no son capaces de retener la carga y entregar la corriente solicitada en el tiempo necesario. Por ende, se entiende que su rendimiento es muy por debajo del 40%.

Como bien se dijo anteriormente, el tiempo de carga fue de 3 horas a 5,16 A/h. se espera que la descarga sea realizada en 3 horas de igual forma y que las celdas sean capaces de entregar dicha carga en el mismo tiempo. El inconveniente con la parte práctica es que no se puede entregar los 5,16 A/h en 3 horas, ya que existen varios factores que pueden afectar esto, sin embargo, se esperaría que no sea menor a las 2 horas y 45 minutos; ya que indicaría que las celdas no se encuentran al 100% del SOC.

Las celdas de este Toyota Prius han descargado en menos de 1 hora y 30 minutos, cuando se esperaba que descarguen en por lo menos 2 horas 30 minutos. Es muy importante que durante el proceso de descarga se lleve un registro de las celdas que

descargan primero y así sucesivamente, esto ayudará a determinar cuales se encuentran en un SOC más alto. En este caso, los voltímetros mostraron la siguiente información de descarga en orden descendente: V1 en 26 minutos, V2 en 31 minutos, V4 en 33 minutos, V3 en 39 minutos, V7 en 50 minutos, V5 en 70 minutos y finalmente V6 en 90 minutos.

Por lo tanto, ya se puede conocer y determinar que estas celdas ya no sirven para volver a ser colocadas en el bloque de la batería. Si bien es cierto que algunas descargaron en un tiempo mayor a otras, no llegan a cumplir con la descarga esperada.

La siguiente batería analizada fue la del Toyota Highlander. Esta batería cuenta con un voltaje nominal de 9,6 A/h y una capacidad de carga de 6,5 A/h. la construcción y materiales de esta son iguales que las del Toyota Prius, la diferencia se encuentra en que esta tiene 2 mini celdas extras debido a que los requerimientos de la batería serán mayores debido a las dimensiones del vehículo donde trabajará.

A continuación, se muestra la tabla de la variación del amperaje de carga en relación con el tiempo de carga.

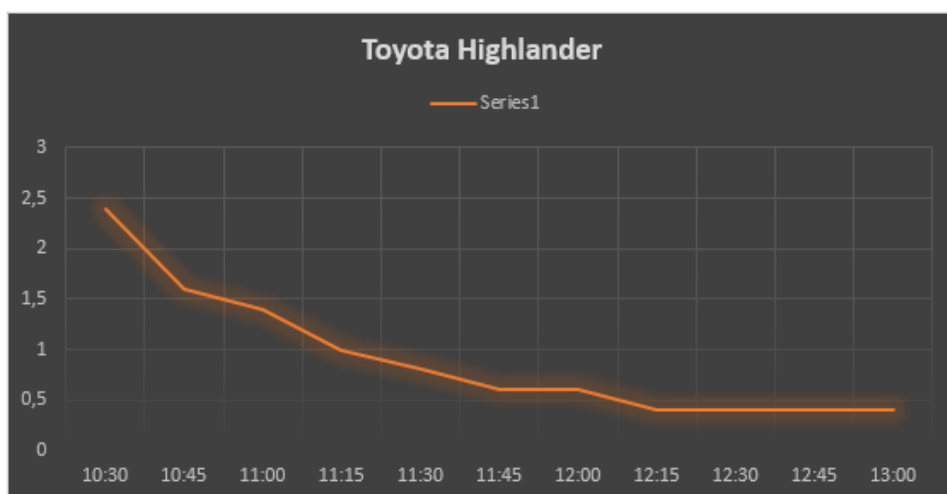


Ilustración 72. Curva de la variación del amperaje de carga en relación con el tiempo. Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Durante el proceso de carga de las celdas del Toyota Highlander, se puede observar que la variación de la carga es mucho más evidente que en el Toyota Prius. Esto es debido a que el voltaje nominal de estas celdas es de 9,6 A/h y las celdas a analizar fueron la misma cantidad que el Toyota Prius, 14. Por ende, como se explica en un capítulo anterior, el voltaje total es superior al del equipo, y por ello es por lo que el equipo ya no tenía la capacidad de carga suficiente y por lo tanto deja en una carga limitada. Para solucionar este inconveniente se debe reducir la cantidad de celdas a analizar.

A pesar de ello, se pudo cargar las celdas lo suficiente como para realizar el análisis. Se complica un porcentaje más debido a que se debe realizar una relación de la carga vs la descarga y el amperaje cargado vs el amperaje de descarga para conocer si es capaz de entregar el amperaje correcto o no.

TIEMPO	AMPERAJE	TIEMPO	AMPERAJE
10:30	2,4	12:15	0,4
10:45	1,6	12:30	0,4
11:00	1,4	12:45	0,4
11:15	1	13:00	0,4
11:30	0,8	13:15	0,4
11:45	0,6	13:30	0
12:00	0,6	Prom	0,80

Tabla 6.
Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Como se puede ver, estas celdas fueron cargadas durante 3 horas al igual que las del Prius, sin embargo, el amperaje de carga fue mucho menor. La cantidad de carga final fue de 2,4 A/h de 6,5 A/h. por lo tanto, el porcentaje de carga de las celdas fue del 37%.

Para la descarga se tuvo un ligero inconveniente debido a que el amperaje de descarga si fue mayor al de carga y se tuvo que realizar una relación de todos los factores para conocer si estas celdas se encontraban en correctas condiciones.

Descargar	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Amperaje
13:15	21,5	21,7	21,3	21,4	22,3	21,7	21,9	2,8
13:30	19,1	19,6	19,7	19,3	19,4	19,4	19,6	2,6
13:45	8,2	16,2	18,5	15,6	15,6	17,4	18	2,4
14:00	6	6	8,5	6	6	6	6	2,2
14:15			6					2
							Prom	2,40

Tabla 7. Datos de descarga de celdas de Toyota Highlander.
Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Como sabemos, la descarga de este bloque de celdas fue más rápida que la del Toyota Prius, sin embargo, algo de podemos visualizar positivamente es que la mayoría de los packs descargó de forma muy pareja, lo que es un claro indicador de que estas celdas se encuentran en un SOC considerablemente alto.

La consideración para analizar esta batería fue mediante el porcentaje de carga en relación con el consumo por parte de los consumidores del equipo. Es decir, si la carga fue de un total de 2,4 A/h, y el promedio de amperaje de descarga de fue 2,4 A/h. la descarga total de las celdas debió ser en 1 hora exacta. Sin embargo, tenemos la siguiente información del seguimiento de la descarga: V5 descargó en 34 minutos, V1 en 35 minutos, V6 en 36 minutos, V7 en 37 minutos, V2 en 41 minutos, V4 en 41 minutos y V3 en 1 hora.

Con esta información obtenida podemos determinar que existieron celdas que no fueron capaces de entregar y retener la carga, sin embargo, existe un pack de celdas que si fue capaz de entregar la carga solicitada en el tiempo solicitado.

Como última batería a analizar fue la de un Honda Civic. Esta batería cuenta con una carga nominal de 7,2 Voltios y una capacidad de carga de 6,5 A/h. A pesar de tener una construcción y forma diferente que las de Toyota, sus elementos son los mismos, Níquel-Metal. Para la carga de esta batería se utilizaron 14 celdas al igual que en las 2 baterías anteriores.

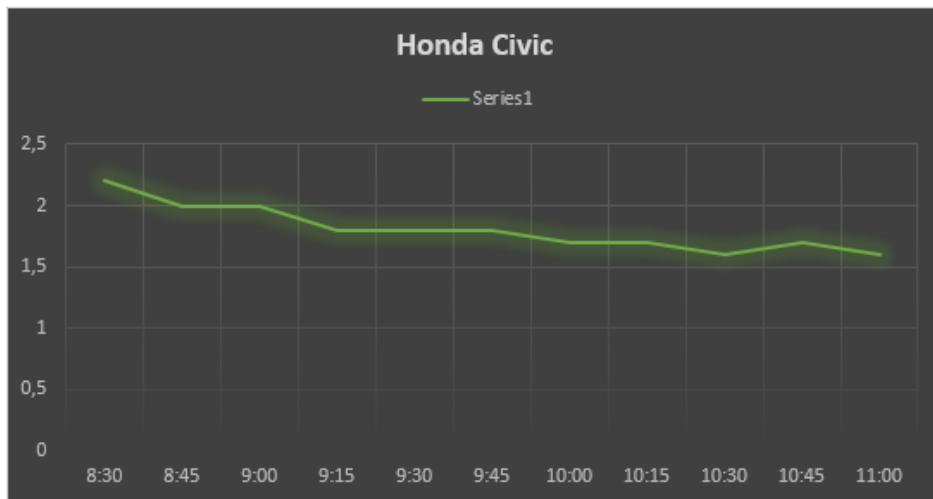


Ilustración 73. Curva de la variación del amperaje de carga en relación con el tiempo de Honda Civic. Realizada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Como podemos observar esta gráfica, no tiene una estabilidad total, pero tampoco una caída muy brusca como el en caso del Toyota Highlander. Con la gráfica determinamos que la carga fue relativamente constante durante las mismas 3 horas aplicadas para cada batería analizada.

TIEMPO	AMPERAJE	TIEMPO	AMPERAJE
8:30	2,2	10:15	1,7
8:45	2	10:30	1,6
9:00	2	10:45	1,7
9:15	1,8	11:00	1,6
9:30	1,8	11:15	1,6
9:45	1,8	11:30	1,6
10:00	1,7	Prom	1,78

Tabla 8. Datos obtenidos de amperaje de carga vs tiempo. Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Con los datos obtenidos podemos determinar que el amperaje de carga promedio fue de 1,78 A/h, la carga fue durante 3 horas, por lo tanto, la carga total de las celdas fue de 5,34 A, lo que en porcentaje se traduce como el 82.15%. Muy similar al porcentaje de carga de la batería del Toyota Prius.

Para la descarga de estas celdas, se esperaba que el tiempo de descarga sea de igual forma que las anteriores, rápido. Sin embargo, se pudo observar que estas celdas fueron capaces de retener mayor cantidad de energía y entregar un amperaje de descarga relativamente constante durante un aproximado de 2 horas.

Descargar	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Amperaje
11:45	16,9	17,1	17,2	17	17,3	16,9	17,2	2,2
12:00	16,1	16,4	16,4	16,2	16,4	16,2	16,3	2
12:15	15,7	15,9	15,8	15,7	15,9	15,7	15,9	2
12:30	15,4	15,6	15,5	15,4	15,6	15,4	15,6	2
12:45	15,2	15,4	15,3	15,2	15,3	15,2	15,4	2
13:00	14,9	15,1	13,5	14,9	14,8	14,9	15,1	2
13:15	14,7	14,5	11,7	13,2	9,1	14,7	13,3	2
13:30	14,4	11,6	10,1	12,8	8,8	14,3	11,6	1,8
13:45	12,9	8,4	6	6	6	6	6	1,6
14:00	6	6						1,4
							Prom	1,90

Tabla 9. Datos de descarga de Honda Civic.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

Como podemos ver, los datos nos indican que las celdas del vehículo Honda Civic se encuentran con un mayor SOC que las de ambos Toyota. Según el registro de descarga de este vehículo fue el siguiente: V5 descargó en 116 minutos, V3 en 118 minutos, V4 en 119 minutos, V6 y V7 en 120 minutos, V2 en 121 minutos y V1 en 135 minutos. Como indicadores del SOC de las celdas, se podría determinar cómo funcionales, ya que su capacidad aún se encuentra en un porcentaje mayor al 60%,

sin embargo, no son aptas para volver a ser colocadas en el bloque de batería ya que mínimos se requiere de un 75% a 80% para ser consideradas aptas para el vehículo.

4.1.1. Determinación de datos de la vida útil de las baterías (SOC), eficiencia y rendimiento

Para determinar el SOC de la batería HV se realiza el siguiente cálculo. Se debe tomar en cuenta el tiempo de carga y el tiempo de descarga en minutos. La diferencia entre estos debe ser interpretada y transformada a porcentaje, ese porcentaje será el SOC actual de las celdas y/o batería y la diferencia será la disminución del SOC.

- Ejemplo:

$$(1) \textit{Variación} = T_{\textit{carga}} - T_{\textit{descarga}}$$

$$(2) \textit{Variación} = 180_{\textit{min}} - X_{\textit{min}}$$

$$(3) \textit{Variación} = (180 - X)_{\textit{min}}$$

$$(4) \textit{Variación} = X_{\textit{min}}$$

$$(5) \textit{Variación} = X\%$$

$$(6) \textit{SOC} = 100\% - X\%$$

Con este cálculo podemos determinar el SOC que corresponde a cada uno de los packs de celdas con el fin de determinar el porcentaje en el que se encuentra cada uno. Esto sirve para determinar cuál de los packs se encuentra en menor condición de uso y cuál puede llegar a ser apto para reinstalarse en el bloque de batería.

El análisis de las celdas del Toyota Prius arrojó los siguientes datos que fueron interpretados de la siguiente manera:

#V	TC	TD	TC - TD	%Variación	%SOC
V1	180	26	154	85,56	14,44
V2	180	31	149	82,78	17,22
V3	180	39	141	78,33	21,67
V4	180	33	147	81,67	18,33
V5	180	70	110	61,11	38,89
V6	180	90	90	50,00	50,00
V7	180	50	130	72,22	27,78
				TOT	26,90

Tabla 10. Datos obtenidos para análisis del SOC, eficiencia y rendimiento de batería de Toyota Prius. Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

En este caso, podemos determinar que el SOC de las celdas del Toyota Prius se encuentran sumamente deterioradas y no han sido capaces de entregar su mayor rendimiento y su eficiencia se ha visto totalmente disminuida. Como se ha mencionado, para que una celda se considere apta para un vehículo debe tener como mínimo un 75% a 80%, estas celdas se encuentran en promedio a 26,9%. Por lo tanto, se consideran inútiles para el bloque de batería.

En cuestión al rendimiento, el porcentaje al que se encuentra es el mismo que el SOC, son factores que van de la mano sobre todo como indicadores de ambos factores. Es decir, el rendimiento va de la mano de la vida útil de las baterías; por ende, se determina que el rendimiento es del 26,9%. En relación con la eficiencia se ve determinada por la capacidad de retención de carga y así mismo por la capacidad de entrega de carga. Debido a que la descarga de las celdas fue en exceso rápidas, se entiende como una eficiencia nula, de igual forma al momento de la ecualización, las celdas no fueron capaces de mantener un voltaje equilibrado y tampoco de retener la carga.

Por lo tanto, considerando todos estos factores, podríamos determinar que las celdas del Toyota Prius no son aptas para usarse de vuelta en el bloque de batería y tampoco

para ser compensadas por celdas nuevas, ya que estas influirían directamente en la eficiencia y rendimiento de las nuevas provocando un menor rendimiento general de la batería y afectado al SOC de las nuevas.

En el caso del Toyota Highlander, se puede observar una relativa mejor si se analiza desde otro factor, que sería el consumo y cantidad de amperaje de descarga solicitado en 1 hora.

Los datos para el cálculo del SOC de las celdas del Toyota Highlander sería el siguiente:

- **Amperaje de carga:** 2,4 A/h
 - **Amperaje de descarga:** 2,4 A/h
 - **Tiempo de descarga solicitado:** 60 minutos
 - **Tiempo total de descarga:** 45 minutos
-
- Ejemplo:

$$(1) \text{ Variación} = T_{\text{solicitado}} - T_{\text{descarga}}$$

$$(2) \text{ Variación} = 60_{\text{min}} - 45_{\text{min}}$$

$$(3) \text{ Variación} = 15_{\text{min}}$$

$$(4) \text{ Variación} = 25\%$$

$$(5) \text{ SOC} = 75\%$$

La recolección e interpretación de datos obtenidos del Toyota Highlander fueron los siguientes:

#V	Tsolic.	Tdescar	Ts - Ts	%Variación	SOC
V1	60	35	25	41,67	58,33
V2	60	41	19	31,67	68,33
V3	60	45	15	25,00	75,00
V4	60	41	19	31,67	68,33
V5	60	34	26	43,33	56,67
V6	60	36	24	40,00	60,00
V7	60	37	23	38,33	61,67
				TOT	64,05

Tabla 11. Datos obtenidos para determinación de SOC, eficiencia y rendimiento del Toyota Highlander.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

En el caso de la batería del Toyota Highlander, podemos determinar que sus celdas se encuentran en un porcentaje de SOC mayor al 50%, lo que se puede determinar cómo no obsoletas, sin embargo, siguen sin ser aptas para volver a ser colocadas en el bloque de batería.

En cuestión al rendimiento, se puede interpretar que han sido capaces de retener mayor cantidad de energía. Referente a la eficiencia han sido capaces de entregar la cantidad de amperaje retenido en un tiempo prudente, pero no lo suficiente como para considerarse óptimas.

Con la ecualización se pudo ver que su rendimiento y SOC permiten a los packs de celdas equilibrar el voltaje individual y mantener por mayor tiempo la carga. El inconveniente sigue siendo que el SOC es muy bajo y su rendimiento y eficiencia no son los suficientes para usarlas en el vehículo.

La última batería, la de un Honda Civic arroja los siguientes datos. Esta ha sido analizada de igual forma que la del Toyota Prius debido a que tiene las mismas características.

#V	TC	TD	TC - TD	%Variación	SOC
V1	180	135	45	25,00	75,00
V2	180	121	59	32,78	67,22
V3	180	118	62	34,44	65,56
V4	180	119	61	33,89	66,11
V5	180	116	64	35,56	64,44
V6	180	120	60	33,33	66,67
V7	180	120	60	33,33	66,67
				TOT	67,38

Tabla 12. Datos obtenidos de Honda Civic para interpretación de SOC, eficiencia y rendimiento.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

En este caso, podemos apreciar que las celdas del Honda Civic se encuentran en un SOC bastante considerable, inclusive podemos ver que el pack de celdas V1 puede ser considerado para volver a ser colocado en el bloque de celdas ya que cuenta con un 75%, sin embargo, el resto de las celdas se encuentra por debajo de dicho porcentaje, por lo que, a pesar de tener un SOC relativamente bueno, no son aptas para reinstalarse en el bloque de batería.

En cuestión al rendimiento, se pudo observar que son capaces de retener la carga y entregar así mismo la cantidad de corriente demandada por los consumidores. Por ende, da como resultado una relativa buena eficiencia, pero no llega a ser lo óptimo si se las analiza en conjunto.

4.2. Comparación de datos entre las diferentes baterías

Las baterías fueron analizadas bajo un mismo parámetro, por lo que realizar una comparación para conocer cuál de las baterías puede tener una degeneración más brusca o evidente es mucho más sencillo. Las baterías de alto voltaje deben mantenerse por encima del 75% de su SOC para considerar que su rendimiento será el correcto y podrán trabajar de forma eficiente.

A continuación, se presenta la tabla comparativa entre cada uno de los packs de celdas para conocer cuál de las baterías ha sufrido mucho más.

#V	MODELO	VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V1	PRIUS	14,44	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	58,33	NO PASA	<75%
	HONDA	75,00	LÍMITE	=75%

Tabla 13. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V1.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

Este pack de celdas o voltímetro 1 donde fueron analizadas las mismas, podemos ver que en este caso; las celdas del Honda pudieron dar un buen valor de SOC, permitiéndole estar al límite considerable para usarse por un tiempo relativo. En cambio, las celdas del Prius tuvieron un desgaste mucho mayor que las del Honda y el Highlander. Esto puede deberse al tiempo de almacenaje en bodega una vez que fueron reemplazadas, lo cual degenera a sus componentes en general; por lo que podría haber una diferencia de tiempo entre el cambio de celdas y puede que unas sean más viejas y por ello también se vea afectado el análisis. En el caso del Highlander, al ser celdas con una capacidad un tanto mayor que las del Prius y el Honda, estas muestran un valor intermedio de SOC, sin embargo; no es suficiente para considerar volver a usarlas en un vehículo. En sí, en este voltímetro se determina que las celdas del Honda son casi aptas para ser utilizadas nuevamente.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V2	PRIUS	17,22	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	68,33	NO PASA	<75%
	HONDA	67,22	NO PASA	<75%

Tabla 14. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V2.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

En el caso del segundo pack de celdas, podemos ver que ninguno de los packs supera o llega al valor mínimo de SOC que debería tener para considerarse OK todavía. La batería con mayor capacidad, es decir, el pack de celdas del Highlander son las que tienen el valor más alto en este caso, sin embargo, no alcanza para volver a colocarse en el vehículo. Las celdas del Prius siguen siendo las de menor SOC y las de mayor degeneración. Las celdas del Honda tienen una baja considerable de porcentaje en relación con las del voltímetro 1.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V3	PRIUS	21,67	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	75,00	LÍMITE	=75%
	HONDA	65,56	NO PASA	<75%

Tabla 15. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V3.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

En el voltímetro 3 tenemos que el pack de celdas de la batería del Toyota Highlander llegan al mínimo establecido para ser consideradas o tomadas en cuenta para la posible recolocación en la batería del vehículo, hay que tomar en cuenta que es la batería con mayor capacidad nominal entre las 3, por lo que puede que en la práctica no rinda como se espera. Las celdas del Prius continúan con un valor muy bajo y siendo las más degeneradas sin siquiera llegar a un 30%, y las celdas del Honda mantienen un promedio de SOC, lo que indica un desgaste bastante parejo entre celdas.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V4	PRIUS	18,33	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	68,33	NO PASA	<75%
	HONDA	66,11	NO PASA	<75%

Tabla 16. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V4.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

En este voltímetro se observan valores similares a los del voltímetro 2, lo que es un indicador de que las celdas se han ido desgastando de formar pareja con aquellas mencionadas, sin embargo, se determina que ninguna celda es apta para volver a colocarse en el vehículo. Por lo tanto, la celda de mayor capacidad (la del Highlander) es la de mayor capacidad esta vez, pero no alcanza a llegar al mínimo requerido. El pack de celdas del Prius continúa con el SOC más bajo entre las 3, lo que indica que esa batería está completamente inutilizable en el sector automotriz para alimentar un vehículo como tal. La del Honda aún mantiene un promedio de degradación similar al resto de packs de celdas de la misma batería.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V5	PRIUS	38,89	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	56,67	NO PASA	<75%
	HONDA	64,44	NO PASA	<75%

Tabla 17. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V5.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

Por lo que podemos determinar de este grupo de celdas es que existe una variación muy notable de porcentajes entre los packs de celdas del Toyota Prius y Highlander. Ambos muestran valores diferentes a los vistos. Las celdas del Prius muestran un porcentaje bastante mayor a las anteriores y las del Highlander un porcentaje menor a las anteriores.

Estos sin indicadores de cuáles son las celdas que tienen mayor capacidad entre los diferentes packs y cuales las de menor capacidad. Así es como la ECU de la batería puede determinar cuál de los packs es el que falla y envía el código de error correspondiente. En este caso, entre los packs de la batería del Prius, este es uno de los que se encuentran en mejor condición, y la del Highlander es la que menor

condición tiene. En cambio, la del Honda sigue mostrando un valor estable de degradación de celdas.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V6	PRIUS	50,00	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	60,00	NO PASA	<75%
	HONDA	66,67	NO PASA	<75%

Tabla 18. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V6.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

Aquí podemos ver que el pack de celdas del Prius ha alcanzado un valor bastante alto en relación s sus anteriores celdas, sin embargo, no alcanza al mínimo. Las celdas del Toyota Highlander elevan un poco el porcentaje de SOC, sin embargo, tampoco logran alcanzar el mínimo requerido. Las celdas del Honda mantienen de igual forma una degradación similar a las anteriores.

		VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V7	PRIUS	27,78	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	61,67	NO PASA	<75%
	HONDA	66,67	NO PASA	<75%

Tabla 19. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V7.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

Por último, el voltímetro 7 nos muestra que las celdas del Prius se encuentran nuevamente con un bajo SOC, mientras que las otras celdas permanecen en un promedio de degradación por desgaste mismo.

#V	MODELO	VIDA UTIL (SOC)	EFICIENCIA	RENDIMIENTO
V1	PRIUS	14,44	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	58,33	NO PASA	<75%
	HONDA	75,00	LÍMITE	=75%
V2	PRIUS	17,22	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	68,33	NO PASA	<75%
	HONDA	67,22	NO PASA	<75%
V3	PRIUS	21,67	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	75,00	LÍMITE	=75%
	HONDA	65,56	NO PASA	<75%
V4	PRIUS	18,33	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	68,33	NO PASA	<75%
	HONDA	66,11	NO PASA	<75%
V5	PRIUS	38,89	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	56,67	NO PASA	<75%
	HONDA	64,44	NO PASA	<75%
V6	PRIUS	50,00	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	60,00	NO PASA	<75%
	HONDA	66,67	NO PASA	<75%
V7	PRIUS	27,78	NO PASA	<75%
	HIGHLANDER	61,67	NO PASA	<75%
	HONDA	66,67	NO PASA	<75%

Tabla 20. Comparación de SOC, eficiencia y rendimiento entre baterías V1 – V7.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

En fin, en la gráfica total podemos ver en general cómo es la degradación de cada uno de los packs de celdas. Entre todas, hay apenas dos packs que llegan al mínimo requerido para considerarse en la recolocación en el bloque de batería. El resto de los packs no sirven en absoluto para recolocarse en el bloque de batería.

4.3. Síntomas y consecuencias de las fallas en una batería HV.

El proceso de análisis de una batería híbrida, depende de algunas variantes que pueden llegar a detonar una serie de fallos, los cuales son clasificados por su nivel de gravedad o por la zona de afectación, es imprescindible conocer cada uno de estos DTCs para poder solucionarlo de manera oportuna ya que el desconocimiento de los

mismos, puede desembocar en un procedimiento correctivo erróneo dañando gravemente a los sistemas o circuitos aledaños, entre los fallos más comunes tenemos los detallados en el manual de mantenimiento proporcionado por Toyota (ver anexos 18 – 20).

4.4. Análisis general post reacondicionamiento

Las celdas de las baterías de alto voltaje deben siempre contar como recomendado un 80% a 85% de su SOC para considerarse aptas para trabajar en el vehículo como tal. Ahí es cuando su eficiencia puede alcanzar un punto bastante considerable para un trabajo correcto en el vehículo.

Las celdas que se encuentren por debajo de ese mínimo porcentaje establecido por el fabricante ya no serán consideradas aptas para trabajar en el vehículo. Su rendimiento será muy bajo y la eficiencia de trabajo será casi nula debido a que las celdas buenas intentarán complementar la falta de SOC de las malas y se produce un bajo rendimiento general en el vehículo, lo que la ECU detecta como una falla.

Es por ello por lo que si las celdas cuentan con un porcentaje por debajo del 75% ya no deben ser colocadas nuevamente en el vehículo. Así mismo, las que se encuentran en el límite que puede ser considerado entre 75% y 80%, son celdas que deben ser consideradas a cambiarse pronto, ya que estas pueden generar un desbalance en el bloque de batería y se emitiría otro DTC mediante la ECU.

Durante el análisis de las baterías, se buscó una forma de establecer un método de Remanufactura de las celdas, sin embargo, al ser selladas completamente no se puede restaurar a las mini celdas que forman a la celda en sí. Por lo tanto, Remanufacturar una batería HV completa sería simplemente colocar celdas que se

encuentren con un porcentaje igual o mayor al 80%, lo que no se recomienda debido a que las celdas con un porcentaje mayor dentro del bloque de batería se verán afectadas debido a que buscarán balancear el voltaje general y se degradarán más rápido.

El hecho de “Re manufacturar” una batería consiste en el hecho de colocar celdas “viejas” en buen estado para reemplazar las que ya no sirven en el bloque de batería. Este se suele hacer debido a que los clientes pueden no tener suficiente dinero o sale del presupuesto de ellos el comprar nuevas para el vehículo. Por lo tanto, este proceso no cuenta con una metodología determinada para hacerlo, generalmente se realiza lo explicado en este proyecto y se busca una ecualización entre las celdas viejas y nuevas para lograr un porcentaje similar en el SOC total y así mismo un voltaje nominal y capacidad igual para el funcionamiento de la batería.

Por ello, durante el análisis de las celdas, pudimos encontrar algunas características que ayudaron a determinar que no es factible realizar un remanufactura correcta, ya que en el proceso de carga y descarga se determina cuales celdas ya no mantienen y retienen carga, así como ya no son capaces de entregar la suficiente energía y determinando así que su rendimiento y eficiencia son muy bajos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Conclusión general

Con el análisis de las celdas de batería y con toda la información recolectada durante el proceso, se ha determinado de que no es recomendable realizar una remanufacturado de una batería de alto voltaje. Este es debido a que las celdas buscarán ecualizar o equilibrar sus valores para que se obtenga un valor de SOC promedio, un valor de voltaje promedio y así su capacidad de trabajo sea igual. Por lo tanto, si se colocan celdas viejas con nuevas, se provocará un desbalance entre celdas generando una degradación prematura de las celdas nuevas.

Por ende, se determina que la remanufacturado no es posible de estandarizarse, ya que, al no ser un proceso nada recomendado para un correcto rendimiento y eficiencia de trabajo, no se considera un buen trabajo ni un trabajo garantizado de funcionamiento de esta. El funcionamiento de la batería y la vida útil de una remanufacturado no será garantizado, por lo que puede durar un mes, dos meses o tal vez 6 meses a un año. Es algo muy variable debido a que dependerá totalmente de las condiciones de manejo y todos los factores que pueden afectar a la vida útil de la batería como tal

5.1.2. Conclusiones específicas

- El banco de pruebas construido para el análisis de las celdas de una batería de alto voltaje fue diseñado a partir de un simulador de circuitos eléctricos que permitió conocer las capacidades y funcionamiento del equipo previo a ser

construido. De esta forma se puede garantizar el funcionamiento correcto y específico del equipo para que el análisis sea el correcto y no existan fallas internas como tal. El equipo cuenta con varios componentes de seguridad para el mismo y en general para los operarios que se encuentren trabajando con este. En el circuito se establecen parámetros que puede llegar a ser modificables en caso de requerir mejoras o en caso de necesitar alguna reparación o sustitución de componente este pueda ser reemplazado por uno de mismas características.

- La construcción del banco de pruebas de celdas y bloques de celdas fue realizado y basado en el plano eléctrico diseñado con el programa de simulación. La construcción de este equipo ha permitido una gran funcionalidad y así mismo un excelente rendimiento de este, permitiendo así analizar de forma eficiente las celdas y bloques de batería de alto voltaje. Este equipo tiene como principio de funcionamiento la carga y la descarga de las baterías, para que se pueda interpretar los datos en función del tiempo; tal como se lo ha planteado desde un inicio y previo a su construcción.
- El análisis realizado a las baterías de alto voltaje ha sido mediante este equipo artesanal. Las mediciones y datos obtenidos son completamente útiles para interpretarlos y dar un resultado profesional e inclusive para dar un correcto diagnóstico de una celda en mal funcionamiento. Para ello, se analizaron diferentes baterías de diferentes vehículos para comprobar la veracidad de su funcionamiento y comprobar que los valores arrojados son reales y completamente interpretables. Por ende, el estudio realizado a las diferentes

baterías permite comprobar el correcto funcionamiento del equipo y así mismo el alto rendimiento que este ofrece para analizar baterías de alto voltaje.

- Adicional al análisis y comprobación de baterías de alto voltaje en los parámetros de eficiencia, vida útil y rendimiento; se han diseñado plantillas como material de guía para el uso del equipo. Las guías permitirán a una persona realizar el trabajo de análisis de un pack de celdas tomando en cuenta todas las medidas de seguridad y de manejo del equipo, ya que, su manipulación puede ser peligrosa debido a que maneja altos voltajes. Las guías servirán como objeto y material de estudio para los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz o ingeniería eléctrica. El equipo y las guías son de gran utilidad para trabajar de forma profesional al analizar y trabajar con baterías de alto voltaje.

5.2. RECOMENDACIONES

Una vez concluido este estudio es importante tomar en cuenta algunas consideraciones que mejoraran la eficiencia, rendimiento y vida útil de la batería híbrida; entre estas tenemos las siguientes:

- Se recomienda que antes de operar alguno de los sistemas híbridos, se tome en cuenta las recomendaciones impuestas por Toyota en su manual de mantenimiento, así como también de los procedimientos de análisis y desmontaje del conjunto de baterías.

- Se debe evitar accionar el vehículo cuando la batería se encuentra totalmente descargada ya que puede llegar a producir ciertas fisuras en la parte interna de las celdas, las cuales a largo plazo tienden a perder su capacidad energética más rápido de lo normal.
- Se debe evitar en su totalidad la manipulación del sistema híbrido del vehículo sin tener un conocimiento previo de su modo de operación, ya que la mala manipulación de este puede ocasionar graves daños a sistemas aledaños, o hasta incluso afectar gravemente a la salud del operario, provocando en ciertos casos la muerte de estos.
- Al momento del desmontaje del conjunto de baterías se debe tener en cuenta los colores utilizados en los cables de alta tensión, así como también de los bornes de cada una de las celdas, ya que, si estos llegasen a toparse entre sí, pueden llegar a ocasionar aumentos bruscos de temperatura, producir chispas, o hasta incluso llegar a explotar.
- Con respecto al equipo utilizado, es importante entender que, al ser de fabricación artesanal, este puede llegar a generar algún tipo de desconexión por movimientos bruscos, estos se pueden corregir fácilmente siguiendo su plano eléctrico.
- Durante las pruebas de carga y descarga es necesario, seguir el procedimiento detallado en las guías de práctica, así como también de las consideraciones de seguridad que se deben tener antes, durante y después del uso del equipo.

- Es importante que el operador del equipo, este pendiente de todo el proceso de análisis de las celdas, ya que, al no ser un equipo profesional, no cuenta con un temporizador de apodo automático, por tal motivo se debe tener un control estricto de los datos que arroja para determinar el momento idóneo de paro del análisis, ya que exceder el tiempo de carga o descarga puede producir daños irreversibles.
- Se debe tener un control del estado de operación del sistema de refrigeración del conjunto de baterías, ya que algún fallo en dicho sistema aumentaría drásticamente la temperatura de las celdas, llegando incluso a producir un ensanchamiento de estas, ocasionando fisuras internas y externas, las cuales son irreversibles.
- De manera general, se recomienda que los vehículos con sistemas híbridos realicen un análisis de sus celdas por individual o de manera conjunta cada cierto tiempo, para detectar fallos en dicho sistema de manera oportuna, evitando así costos excesivos por cambios de bloques o del conjunto de baterías en su totalidad.
- Finalmente, si el conjunto de baterías ha sido analizado y ajustado mas de 3 veces, y no se nota un cambio significativo durante su funcionamiento, se debe reemplazar el conjunto en su totalidad, ya que existen mas numero de celdas deterioradas, las cuales están absorbiendo más energía de lo normal, afectando directamente a las celdas buenas, reduciendo de esta manera su vida útil.

6. BIBLIOGRAFÍA

AllCarManuals. (2008). *Toyota Prius XW20 Model Years 2003 to 2009 Repair Manual*.

Obtenido de www.allcarmanuals.com: <https://www.allcarmanuals.com/factory-service-manual-284-Toyota-Prius-XW20.html>

Augeri, F. (27 de Diciembre de 2012). *Estado de carga SOC (State of charge)*.

Obtenido de [cise.com](http://www.cise.com): <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/583-estado-de-carga-soc-state-of-charge.html>

AutoAvance. (26 de Marzo de 2014). *AutoAvance*. Obtenido de

<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/184-componentes-de-vehiculos-hibridos-la-bateria-hv/>

Björling, N. (11 de Enero de 2020). *Baterías de NiMH*. Obtenido de ecoinventos.com:

<https://ecoinventos.com/baterias-de-nimh/>

Costas, J. (25 de Junio de 2009). *motorpasion*. Obtenido de

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-los-pioneros#>

García Bello, D., Castro, A., & Úcar, I. (20 de Febrero de 2020). *Baterías de litio*.

Obtenido de culturacientifica.com: <https://culturacientifica.com/2020/02/20/asi-funcionan-las-baterias-de-litio/>

García, G. (13 de Diciembre de 2019). *Enfriamiento termoeléctrico, el siguiente paso*

en la gestión térmica de las baterías. Obtenido de www.hibridosyelectricos.com:

<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/enfriamiento-termoelectrico-siguiente-paso-gestion-termica-baterias/20191213105053032098.html>

Gómez, F. (Junio de 2014). *Repositorio ESPE*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8610/2/T-ESPEL-MAI-0461-P.pdf>

Gómez, M., Hidalgo, D., Erazo, G., & Quiroz, J. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico, para reparación y mantenimiento de baterías híbridas*. Latacunga: Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE.

Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez-Peñalver, C., Marcos, J., Quintans, C., . . . Valdés, M. (2012). *Modelado y Simulación de una Batería de Ion-Litio*. Vigo: Universidad de Vigo.

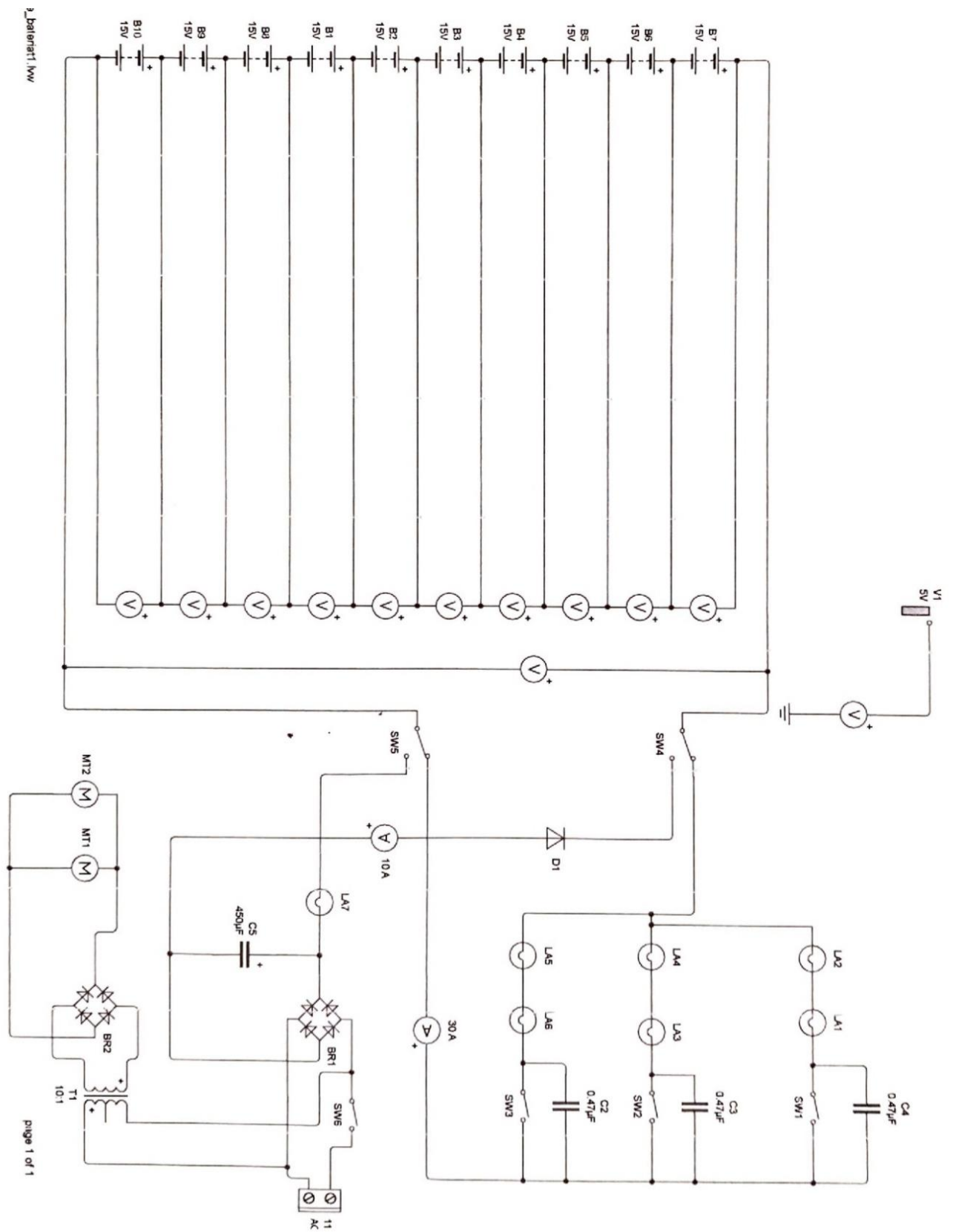
Martínez, J. (Octubre de 2014). Autos Híbridos. *Historia de los autos híbridos*. Universidad Católica.

Saavedra, J., & Sibri, J. (2018). *Análisis del comportamiento de baterías usadas en vehículos híbridos durante el proceso de recuperación*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Scheugenpflug. (9 de Mayo de 2018). *Baterías HV: encapsulado y gestión térmica*. Obtenido de www.scheugenpflug-dispensing.com: <https://www.scheugenpflug-dispensing.com/es/aplicaciones/piezas-y-componentes/baterias-hv.html>

Toyota. (2014). *Manual de desguace del vehiculo Híbrido*.

7. ANEXOS



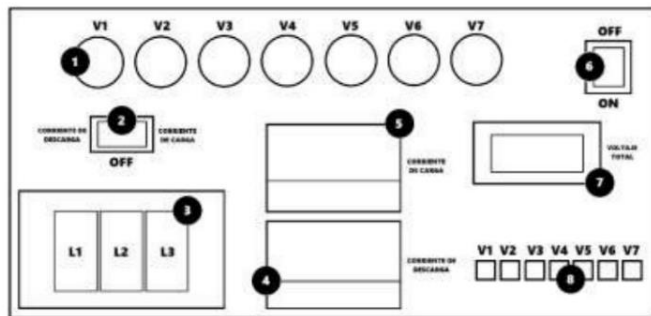
Anexo 1. Plano eléctrico del banco de pruebas de baterías híbridas.
Tomada por Carlos Álvarez y Luis Bastidas

GUÍA DE PRACTICA PARA EL USO DEL BANCO DE PRUEBAS DE BATERÍAS HIBRIDAS

■ DATOS PREVIOS AL ANÁLISIS

- Nombre: _____
- Fecha: _____
- Vehículo: _____
- Modelo: _____
- Año: _____
- Intervalo de tiempo de las pruebas: _____
- Estado de las celdas:
Nuevas ____ Buenas ____ Malas ____

■ DISPOSICIÓN Y UBICACIÓN DE LAS PARTES DEL EQUIPO



- 1) Voltímetros
- 2) Interruptor de Carga/Descarga
- 3) Interruptores de control
- 4) Amperímetro de Descarga
- 5) Amperímetro de Carga
- 6) Interruptor Principal
- 7) Voltímetro General V1 – V7
- 8) Lagartos y cables conectores

■ PROCEDIMIENTO DE CARGA

1. Encender el equipo con el interruptor Principal (6).
2. Conectar los lagartos (8) a cada uno de los bloques, teniendo en cuenta que P debe ir conectado al borne positivo de los mismos, cada uno de estos bloques debe estar conectado en serie, finalmente V7 debe terminar conectado al borne negativo.
3. Definir el lapso con el cual se tomarán los registros de valores de voltaje y amperaje.
4. Ubicar el interruptor (2) en la posición de carga.
5. Verificar la corriente en el amperímetro de carga (4)
6. Regular la corriente de carga con los interruptores de control (3), teniendo en cuenta que cada uno tiene un valor nominal de 2 amperios.
7. Tomar en cuenta el tiempo y amperaje final, una vez que los medidores de voltaje (1) lleguen a su máximo (el voltaje máximo debe ser definido previamente).
8. Una vez terminada la prueba, colocar el interruptor de carga (2) en la posición OFF.
9. Colocar el interruptor principal (6) en la posición OFF.
10. Desconectar cada uno de los lagartos.

■ PROCEDIMIENTO DE DESCARGA

1. Encender el equipo con el interruptor Principal (6).
2. Conectar los lagartos (8) a cada uno de los bloques, teniendo en cuenta que P debe ir conectado al borne positivo general de los mismos, cada uno de estos bloques debe estar conectado en serie, finalmente V7 debe terminar conectado al borne general negativo.
3. Definir el lapso con el cual se tomarán los registros de valores de voltaje y amperaje.
4. Ubicar el interruptor (2) en la posición de descarga.
5. Verificar la corriente en el amperímetro de descarga (4)
6. Regular la corriente de descarga con los interruptores de control (3), teniendo en cuenta que cada uno tiene un valor nominal de 2 amperios.
7. Tomar en cuenta el tiempo y amperaje final, una vez que los medidores de voltaje (1) lleguen a cero o en su defecto se apaguen.
8. Una vez terminada la prueba, colocar el interruptor de descarga (2) en la posición OFF.
9. Colocar el interruptor principal (6) en la posición OFF.
10. Desconectar cada uno de los lagartos.



▪ **HOJA DE RECOLECCION DE DATOS**

TIEMPO	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4		BLOQUE 5		BLOQUE 6		BLOQUE 7	
	V1	A1	V2	A2	V3	A3	V4	A4	V5	A5	V6	A6	V7	A7
0 min														

▪ **DATOS PROMEDIO “FINALES”**

TIEMPO TOTAL PRUEBA	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4		BLOQUE 5		BLOQUE 6		BLOQUE 7	
	Min	Am	Min	Am	Min	Am	Min	Am	Min	Am	Min	Am	Min	Am

Anexo 3. Guía de Practica – Hoja de recolección de datos.
Realizado por Carlos Álvarez y Luis Bastidas el 25/10/2020

DTC No.	Detection Item	Trouble Area	MIL	Master Warning Light	Warning	Memory
P0560	System Voltage	- Wire harness or connector - HEV fuse - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A1F	Battery Energy Control Module	Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A7F	Hybrid Battery Pack Deterioration	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A80	Replace Hybrid Battery Pack	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A81	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1	- Quarter vent duct (blower motor controller) - Battery ECU	-	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A82	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1 Performance or Stuck OFF	- Quarter vent duct - No. 2 quarter vent duct - No. 2 quarter vent duct inner - Ventilator inner duct - Battery blower - Battery ECU	-	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A84	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1 Control Circuit Low	- Wire harness or connector - BATT FAN fuse - No. 1 battery blower relay - Battery blower - Quarter vent duct (blower motor controller) - Battery ECU	-	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A85	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1 Control Circuit High	- Wire harness or connector - BATT FAN fuse - No. 1 battery blower relay - Battery blower - Quarter vent duct (blower motor controller) - Battery ECU	-	Comes on	HV system	DTC Stored
DTC No.	Detection Item	Trouble Area	MIL	Master Warning Light	Warning	Memory

Anexo 4. DTCs relacionados al sistema HV.
(Toyota, 2014)

P0A95	High Voltage Fuse	- High voltage fuse - Service plug grip - Battery plug - Battery ECU	-	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A9C	Hybrid Battery Temperature Sensor "A"	- HV battery assembly (battery temperature sensor) - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A9D	Hybrid Battery Temperature Sensor "A" Circuit Low	- HV battery assembly (battery temperature sensor) - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0A9E	Hybrid Battery Temperature Sensor "A" Circuit High	- HV battery assembly (battery temperature sensor) - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0AAC	Hybrid Battery Pack Air Temperature Sensor "A" Circuit	- HV battery assembly (intake air temperature sensor) - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0ABF	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit	- HV battery assembly (wire harness or connector) - Battery current sensor - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0AC0	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit Range/ Performance	- HV battery assembly (wire harness or connector) - Battery current sensor - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0AC1	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit Low	- HV battery assembly (wire harness or connector) - Battery current sensor - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P0AC2	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit High	- HV battery assembly (wire harness or connector) - Battery current sensor - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
DTC No.	Detection Item	Trouble Area	MIL	Master Warning Light	Warning	Memory

Anexo 5. DTCs relacionados al sistema HV.
(Toyota, 2014)

P0AFA	Hybrid Battery System Voltage Low	- Junction block assembly (busbar module) - No. 2 frame wire (busbar and wire harness) Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3011	Battery Block 1 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3012	Battery Block 2 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3013	Battery Block 3 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3014	Battery Block 4 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3015	Battery Block 5 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3016	Battery Block 6 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3017	Battery Block 7 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3018	Battery Block 8 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3019	Battery Block 9 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3020	Battery Block 10 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3021	Battery Block 11 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3022	Battery Block 12 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3023	Battery Block 13 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
P3024	Battery Block 14 Becomes Weak	- HV battery assembly - Battery ECU	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored
U0100	Lost Communication with ECM/PCM A"	CAN communication system	Comes on	Comes on	HV system	DTC Stored

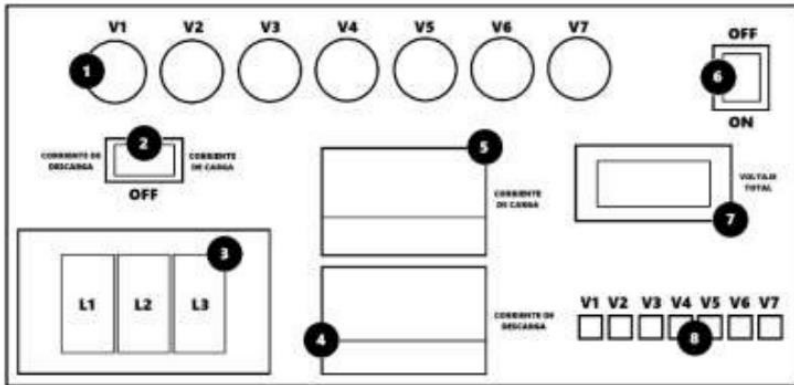
Anexo 6. DTCs relacionados al sistema HV.
(Toyota, 2014)

GUÍA DE PRACTICA PARA EL USO DEL BANCO DE PRUEBAS DE BATERÍAS HIBRIDAS

■ DATOS PREVIOS AL ANÁLISIS

- Nombre: _____
- Fecha: _____
- Vehículo: _____
- Modelo: _____
- Año: _____
- Intervalo de tiempo de las pruebas: _____
- Estado de las celdas:
Nuevas ____ Buenas ____ Malas ____

■ DISPOSICIÓN Y UBICACIÓN DE LAS PARTES DEL EQUIPO



- 1) Voltímetros
- 2) Interruptor de Carga/Descarga
- 3) Interruptores de control
- 4) Amperímetro de Descarga
- 5) Amperímetro de Carga
- 6) Interruptor Principal
- 7) Voltímetro General V1 – V7
- 8) Lagartos y cables conectores

■ PROCEDIMIENTO DE CARGA

1. Encender el equipo con el interruptor Principal (6).
2. Conectar los lagartos (8) a cada uno de los bloques, teniendo en cuenta que P debe ir conectado al borne positivo de los mismos, cada uno de estos bloques debe estar conectado en serie, finalmente V7 debe terminar conectado al borne negativo.
3. Definir el lapso con el cual se tomarán los registros de valores de voltaje y amperaje.
4. Ubicar el interruptor (2) en la posición de carga.
5. Verificar la corriente en el amperímetro de carga (4)
6. Regular la corriente de carga con los interruptores de control (3), teniendo en cuenta que cada uno tiene un valor nominal de 2 amperios.
7. Tomar en cuenta el tiempo y amperaje final, una vez que los medidores de voltaje (1) lleguen a su máximo (el voltaje máximo debe ser definido previamente).
8. Una vez terminada la prueba, colocar el interruptor de carga (2) en la posición OFF.
9. Colocar el interruptor principal (6) en la posición OFF.
10. Desconectar cada uno de los lagartos.

■ PROCEDIMIENTO DE DESCARGA

1. Encender el equipo con el interruptor Principal (6).
2. Conectar los lagartos (8) a cada uno de los bloques, teniendo en cuenta que P debe ir conectado al borne positivo general de los mismos, cada uno de estos bloques debe estar conectado en serie, finalmente V7 debe terminar conectado al borne general negativo.
3. Definir el lapso con el cual se tomarán los registros de valores de voltaje y amperaje.
4. Ubicar el interruptor (2) en la posición de descarga.
5. Verificar la corriente en el amperímetro de descarga (4)
6. Regular la corriente de descarga con los interruptores de control (3), teniendo en cuenta que cada uno tiene un valor nominal de 2 amperios.
7. Tomar en cuenta el tiempo y amperaje final, una vez que los medidores de voltaje (1) lleguen a cero o en su defecto se apaguen.
8. Una vez terminada la prueba, colocar el interruptor de descarga (2) en la posición OFF.
9. Colocar el interruptor principal (6) en la posición OFF.
10. Desconectar cada uno de los lagartos.

