



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

#### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA DIAGNÓSTICO DE BATERÍAS UTILIZADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS, PARA EL TALLER “ELECTROMECAÁNICA GAMBOA”**

##### **Trabajo de titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

##### **AUTORES:**

**STEVEN DAVID NUÑEZ SÁNCHEZ**

**ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ LEMACHE**

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA  
DIAGNÓSTICO DE BATERÍAS UTILIZADAS EN VEHÍCULOS  
HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS, PARA EL TALLER  
“ELECTROMECAÁNICA GAMBOA”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**STEVEN DAVID NUÑEZ SÁNCHEZ**

**ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ LEMACHE**

**DIRECTOR:** Ing. JUAN CARLOS CASTELO VALDIVIESO

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Steven David Nuñez Sánchez & Alejandro Sebastián Ortiz Lemache**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, STEVEN DAVID NUÑEZ SÁNCHEZ y ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ LEMACHE, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de noviembre de 2021

**Steven David Nuñez Sánchez**

**1804116356-**

**Alejandro Sebastián Ortiz Lemache**

**0605120310-**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Trabajo Experimental, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA DIAGNÓSTICO DE BATERÍAS UTILIZADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS, PARA EL TALLER ELECTROMECAÁNICA GAMBOA”**, realizado por los señores: **STEVEN DAVID NUÑEZ SÁNCHEZ** y **ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ LEMACHE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-11-30
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021-11-30
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-11-30

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y la obtención del título con todo el amor del mundo a mi madre Nancy Sánchez y a mi hermano Bryan Núñez que fueron los pilares fundamentales para poder alcanzar un logro más en mi vida, pero sabiendo llevar conmigo siempre los valores y consejos brindados mediante toda mi vida personal y estudiantil. A mi familia que ha estado conmigo en los buenos y malos momentos, que me han brindado todo su apoyo, por más insignificante que parezca me han ayudado a llegar hoy donde estoy, por lo que les dedico este trabajo como muestra de gratitud incondicional hacia mí.

Steven

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a Octavio Ortiz Fiallo y Jileya Lemache Cueva mis padres. Quienes, con su apoyo incondicional, tanto en la parte moral como económica me supieron dar las herramientas necesarias para forjar mi vida y llegar a ser profesional, por lo cual les entrego este trabajo como muestra de su apoyo incondicional hacia mí. A mi primo Pablo Estrella Cueva quien fue una persona excepcional tanto en lo moral como en lo ético, dedicó con mucho cariño este gran paso en mi vida. Que desde tu reposo eterno te sientas orgulloso de mi.

Alejandro

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser la mayor fortaleza en los momentos de debilidad, a mi familia especialmente mi mama, hermano y abuelitos, quienes de una u otra manera han contribuido a la realización de mi trabajo de titulación, por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, me han ayudado a llegar hasta donde estoy ahora, logrando cumplir mi meta. También quiero agradecer a cada una de las personas que han formado parte de esta travesía: mis padrinos Ángel y Teresita, mi compañera de aventuras Valeria, mis amigos que desde un inicio han estado conmigo y quisiera nombrarlos a todos, pero sé que cada uno de ellos lo saben y de alguna forma han sido parte de este camino. Gracias a todos.

Steven

Agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser la mayor fortaleza en los momentos de debilidad, a mis abuelos Wladimir L, Gloria.C, Orfelina.H quienes con su amor incondicional me han brindado la fortaleza necesaria para llevar a cabo mi vida universitaria, a mis tíos Cristian.L, Carolina.O, Rocio.O, Amparo.O, Alejandra.O, Andrea.O, Fabián.A, José Luis.C quienes fueron una parte crucial en mi desarrollo como profesional y finalmente sin dejar atrás agradecer a toda mi familia la cual confió en mí.

Alejandro

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Vehículos.....</b>	<b>8</b>
<i>1.1.1 Vehículos eléctricos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2 Vehículos híbridos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3 Tipos de vehículos híbridos.....</i>	<i>8</i>
<b>1.2 Batería.....</b>	<b>10</b>
<i>1.2.1 Baterías híbridas.....</i>	<i>10</i>
<b>1.3 Parámetros de baterías.....</b>	<b>12</b>
<i>1.3.1 Tensión circuito abierto.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2 Tensión de la carga y descarga.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3 Capacidad.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.4 Estado de carga (SOC) %.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.5 Profundidad de descarga.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.6 Energía Específica.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.7 Potencia Específica.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.8 Eficiencia Coulombica.....</i>	<i>14</i>

1.3.9	<i>Rendimiento</i> .....	14
1.3.10	<i>Vida de la batería</i> .....	15
1.4	<b>Métodos de estimación del estado de carga y salud de la batería</b> .....	15
1.4.1	<i>Medida directa</i> .....	15
1.4.2	<i>Medida de la gravedad específica</i> .....	16
1.4.3	<i>Impedancia interna</i> .....	16
1.4.4	<i>Estimación basada en voltaje</i> .....	16
1.4.5	<i>Estimación basada en intensidad</i> .....	16
1.5	<b>Tipos de recarga</b> .....	17
1.5.1	<i>Recarga lenta</i> .....	17
1.5.2	<i>Recarga semi-rápida</i> .....	17
1.5.3	<i>Recarga rápida</i> .....	17
1.6	<b>Cargadores de baterías híbridas y eléctricas</b> .....	18
1.6.1	<i>Tipos de cargadores</i> .....	19
1.7	<b>Códigos y normas internacionales de carga para vehículos eléctricos</b> .....	20
1.8	<b>Tarjetas de desarrollo</b> .....	20
1.9	<b>Sensores</b> .....	20
1.9.1	<i>Clasificación de los sensores por el principio de transducción</i> .....	21
1.9.2	<i>Clasificación de los sensores por el tipo de variable medida</i> .....	21

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	23
2.1	<b>Requisitos del sistema</b> .....	23
2.2	<b>Parámetros de diseño</b> .....	23
2.3	<b>Método de recarga</b> .....	25
2.4	<b>Concepción de la arquitectura general del sistema</b> .....	25
2.5	<b>Diagrama de bloques</b> .....	26
2.5.1	<i>Bloque de alimentación</i> .....	26
2.5.2	<i>Bloque de carga</i> .....	27

2.5.3	<i>Bloque de descarga</i> .....	27
2.5.4	<i>Bloque de adquisición de datos</i> .....	27
2.5.5	<i>Bloque de visualización</i> .....	27
2.6	<b>Selección de elementos que conforman los bloques del prototipo</b> .....	27
2.6.1	<i>Arduino MEGA</i> .....	27
2.6.2	<i>Sensor de voltaje</i> .....	28
2.6.3	<i>Sensor de corriente</i> .....	29
2.6.4	<i>Cargador</i> .....	29
2.6.5	<i>Relés</i> .....	30
2.6.6	<i>Switch</i> .....	31
2.6.7	<i>Procesador</i> .....	31
2.7	<b>Esquema de conexión del prototipo</b> .....	32
2.7.1	<i>Tarjetas de desarrollo</i> .....	33
2.7.2	<i>Bloque de carga</i> .....	34
2.7.3	<i>Bloque de descarga</i> .....	34
2.8	<b>Diseño del software para el banco para diagnóstico de baterías</b> .....	35
2.8.1	<i>Requerimientos del software a desarrollar</i> .....	35
2.9	<b>Descripción del software de desarrollo</b> .....	36
2.9.1	<i>Programa principal</i> .....	36
2.9.2	<i>Diagrama de flujo del programa principal</i> .....	37
2.10	<b>Interfaz gráfica</b> .....	38

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	39
3.1	<b>Pruebas del banco de diagnóstico de baterías</b> .....	39
3.1.1	<i>Batería Toyota Prius</i> .....	39
3.1.2	<i>Batería Toyota Highlander</i> .....	45
3.1.3	<i>Batería Ford Escape</i> .....	46
3.1.4	<i>Batería Honda Insight</i> .....	47

3.1.5	<i>Cálculo de la eficiencia coulombica</i> .....	48
3.2	<b>Cronograma de actividades</b> .....	51
3.3	<b>Estudio de costos</b> .....	52
3.3.1	<i>Costos directos</i> .....	52
3.3.2	<i>Costos indirectos</i> .....	53
3.3.3	<i>Costos totales</i> .....	53
3.4	<b>Recursos materiales</b> .....	53
3.4.1	<i>Baterías</i> .....	53
3.4.2	<i>Diseño de la estructura del banco de diagnóstico para baterías</i> .....	56
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	57
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	58
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación Según la variable física.....	22
<b>Tabla 1-2:</b>	Características del Arduino MEGA.....	28
<b>Tabla 2-2:</b>	Características HP envy x360.....	31
<b>Tabla 1-3:</b>	Carga y descarga de las baterías utilizadas.....	40
<b>Tabla 2-3:</b>	Eficiencia coulombica .....	49
<b>Tabla 3-3:</b>	Cronograma .....	51
<b>Tabla 4-3:</b>	Costos directos de fabricación del prototipo .....	52
<b>Tabla 5-3:</b>	Costos directos de fabricación del prototipo .....	53
<b>Tabla 4-3:</b>	Costos totales.....	53
<b>Tabla 7-3:</b>	Especificaciones módulos Batería Toyota Prius.....	53
<b>Tabla 8-3:</b>	Especificaciones módulos Batería Toyota Prius.....	54
<b>Tabla 9-3:</b>	Especificaciones módulos Batería Ford Escape .....	55
<b>Tabla 10-3:</b>	Especificaciones módulos Batería Honda Insight .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en serie.....	9
<b>Figura 2-1:</b>	Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en paralelo .....	10
<b>Figura 3-1:</b>	Diagrama esquemático de los procesos de reacción electroquímica.....	11
<b>Figura 4-1:</b>	Funcionamiento de una batería de iones de litio .....	12
<b>Figura 5-1:</b>	Clasificación principio de transducción .....	21
<b>Figura 1-2:</b>	Concepción de la arquitectura general del sistema .....	25
<b>Figura 2-2:</b>	Diagrama de bloques.....	26
<b>Figura 3-2:</b>	Arduino MEGA .....	28
<b>Figura 4-2:</b>	ACS712-20A.....	29
<b>Figura 5-2:</b>	XL4016 .....	30
<b>Figura 6-2:</b>	Relés.....	30
<b>Figura 7-2:</b>	Switch .....	31
<b>Figura 8-2:</b>	HP envy x360.....	31
<b>Figura 9-2:</b>	Conexión de Arduino MEGA 2560 .....	33
<b>Figura 10-2:</b>	Conexión bloque de carga.....	34
<b>Figura 11-2:</b>	Conexión bloque de descarga .....	35
<b>Figura 12-2:</b>	Diagrama de flujo del programa principal .....	37
<b>Figura 13-2:</b>	Interfaz gráfica .....	38
<b>Figura 1-3:</b>	Banco de diagnóstico .....	45
<b>Figura 2-3:</b>	Batería Toyota Prius .....	56
<b>Figura 3-3:</b>	Batería Toyota Highlander.....	56
<b>Figura 4-3:</b>	Batería Ford Escape .....	56
<b>Figura 5-3:</b>	Batería Honda Insight .....	56
<b>Figura 6-3:</b>	Estructura banco de diagnóstico .....	56

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Vehículos y población .....	8
<b>Gráfico 1-3:</b>	Carga y descarga batería Toyota Prius .....	44
<b>Gráfico 2-3:</b>	Carga y descarga batería Toyota Highlander .....	46
<b>Gráfico 3-3:</b>	Carga y descarga batería Ford Escape.....	47
<b>Gráfico 4-3:</b>	Carga y descarga batería Honda Insight.....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Hoja de datos del Cargador XL4016
- Anexo B:** Estructura del Banco de diagnóstico de baterías
- Anexo C:** Ficha Técnica Toyota Prius
- Anexo D:** Ficha Técnica Toyota Highlander
- Anexo E:** Ficha Técnica Ford Escape
- Anexo F:** Ficha Técnica Honda Insight
- Anexo G:** Ensamble estructura del banco de diagnóstico

## RESUMEN

Se implementó un banco de diagnóstico de baterías de vehículos híbridos y eléctricos para detectar el estado de carga, salud y la eficiencia coulombica de las celdas de las baterías en el Taller “Electromecánica Gamboa”. Para llevar a cabo el sistema de carga y descarga se implementó cada uno de los módulos que permitan ajustar el voltaje y corriente según sea el caso de las baterías. El modelado de la estructura para el banco de diagnóstico se realizó en el software SolidWorks, obteniendo así las dimensiones para los distintos componentes. El sistema consta de dos bloques fundamentales para el diagnóstico de las baterías, los cuáles son el bloque de carga y descarga; la recopilación de datos, cálculos y visualización de los mismos se realizó en el entorno de programación LabVIEW, con la ayuda del complemento NI-VISA para la comunicación entre el computador y la tarjeta de desarrollo utilizada. Se concluye que el sistema es capaz de obtener el estado de carga, salud y eficiencia coulombica de las baterías que se han verificado tanto en las hojas del fabricante como en los puntos de venta, con una efectividad del 98% de la medición de estos valores, aceptable por los expertos del área de baterías. Se recomienda para esta aplicación utilizar como referencia los valores de las hojas de datos de los fabricantes.

**Palabras claves:** <INDUSTRIA AUTOMOTRIZ>, <BANCO DE DIAGNÓSTICO>, <CARGADOR ELÉCTRICO>, <BATERÍA HÍBRIDA>, <CARGA DE VOLTAJE CONSTANTE>, <EFICIENCIA COULOMBICA>, <ESTADO DE CARGA (SOC)>, <ESTADO DE SALUD (SOH)>.



Firmado electrónicamente por:  
ELIZABETH  
FERNANDA AREVALO  
MEDINA



2248-DBRA-UPT-2021

## SUMMARY

A hybrid and electric vehicle battery diagnostic bank was implemented to detect the state of charge, health, and the coulombic efficiency of the battery cells in the "Electromechanical Gamboa" workshop. To carry out the loading and unloading system, implemented each of the modules that allow adjusting the voltage and current as the case may be batteries. The modeling of the structure for the diagnostic bench was performed in the software SolidWorks, thus obtaining the dimensions for the different components. The system consists of two fundamental blocks for battery diagnosis, which are the charging block and download; the data collection, calculations, and visualization of the same was carried out in the environment of LabVIEW programming, with the help of the NI-VISA plug-in for communication between the computer and the development card used. It is concluded that the system is capable of obtaining the state of charge, health, and coulombic efficiency of the batteries that have been verified both in the sheets of the manufacturer as in the points of sale, with an effectiveness of 98% of the measurement of these values, acceptable to experts in the battery area. It is recommended for this application to use as reference the values of the manufacturers' datasheets.

**Keywords:** <AUTOMOTIVE INDUSTRY>, <DIAGNOSTIC BANK>, <ELECTRIC CHARGER>, <HYBRID BATTERY>, <CHARGING VOLTAGE CONSTANT>, <COULOMBIC EFFICIENCY>, <STATE OF CHARGE (SOC)>, <STATE OF HEALTH (SOH)>.



Firmado electrónicamente por:  
**PATRICIA PILAR**  
**MOYOTA AMAGUAYA**

## INTRODUCCIÓN

En la segunda mitad del siglo XIX, cuando la industria automotriz empieza a dar sus primeros pasos, lo que buscaban los primeros fabricantes de autos era complementar la corriente alterna, la forma de transmisión de la electricidad que más se utilizaba, con un motor de gasolina, de manera que cuando uno estaba en su etapa de mayor exigencia, el otro pudiera almacenar energía en estado potencial, para luego liberarla cuando fuera necesario aunque hubo otros antecedentes, el Lohner – Porsche Sempe Virus es considerado el primer vehículo híbrido de producción en el mundo. En la actualidad, hay varios factores que están llevando a la industria automotriz a abandonar paulatinamente los motores de combustión interna como sistema para mover un vehículo, entre ellos la certeza de que las reservas de petróleo se agotan en algún momento. La exploración de fuentes alternativas de propulsión esta tal vez en su momento de mayor interés, pero curiosamente la más aplicable en la actualidad es la híbrida.

En los automóviles híbridos-eléctricos, los sistemas de batería suelen estar compuestos de varias celdas de batería conectadas en serie o en paralelo para proporcionar el voltaje y los requisitos de potencia y energía. Las celdas inconsistentes podrían afectar el paquete de baterías y su desempeño o incluso poner en peligro la seguridad de los automóviles híbridos-eléctricos; por lo tanto, el diagnóstico temprano de fallas del sistema de baterías es esencial. Se requiere un sistema de administración de baterías bien diseñado junto con un conjunto de sensores de voltaje y corriente confiables para medir y controlar adecuadamente las variables operativas de las celdas en un paquete de baterías grande. En este estudio, basado en el mecanismo de funcionamiento de la batería, se propone un nuevo, rápido y robusto esquema de diagnóstico de fallas para un paquete de baterías que se puede emplear para aplicaciones como automóviles híbridos-eléctricos. Se pueden detectar y aislar algunas fallas, como la sobrecarga, la sobredescarga que se produce en los paquetes, en función de algunos factores predefinidos obtenidos de los modelos de batería en condiciones de buen funcionamiento, sobrecarga y sobredescarga. Finalmente, la efectividad del esquema de diagnóstico rápido de fallas propuesto se valida experimentalmente con la recopilación de datos obtenido por los sensores utilizados.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad si bien existen bancos de pruebas para vehículos híbridos y eléctricos, estas herramientas tienen un costo de adquisición alto dependiendo de la marca, datos entregados por el banco, y número de celdas a analizar. Como referencia se cotizó un banco de pruebas de la marca “Charger research” el cual tiene un costo 11831.59 dólares.

El banco de trabajo “Charger Research” es un equipo que permite evaluar el estado, funcionamiento y también permite generar cargas y descargas de las baterías que vayamos a conectar. Las baterías que puede evaluar son baterías de carros híbridos y eléctricos; la unidad está en posibilidades de reparar las celdas internas de la batería.

El banco de pruebas Charger Research por motivos de seguridad tiene dos bloques por separados nombrados como bloque A y B. Por cada uno de los bloques se pueden conectar hasta siete celdas de baterías con una tensión nominal de 7,2 V, el voltaje total no supera el valor de sesenta voltios para que no implique ningún daño para el usuario por exceso de voltaje.

De esta forma con los dos bloques se puede evaluar hasta 14 celdas al mismo momento. En cada celda que sea analizar, cargar o descargar posee un medidor individual de voltaje. Cada recuperación conlleva a una carga y descarga para cada celda con esto se analiza la corriente y tensión por medio de dos medidores para verificar los voltajes mínimos como el máximo de cada celda dependiendo a los voltajes que estén configurados en el equipo para descarga y carga de cada celda; cada bloque se configura con dos celdas por bloque. Cada bloque opera por separado el A o el B trabajan por separados. (Jerez, y otros, 2018)

En Ecuador este tipo de tecnologías no es de fácil adquisición además que son limitados distribuidores que lo ponen a la venta como es el caso de SICE. Ha sido complejo encontrar otro distribuidor de estos bancos de pruebas.

Para el entendimiento de esta problemática se plantea crear un prototipo de un banco de pruebas de baterías híbridas, que fomentara el desarrollo de tecnologías en cuanto a herramientas de diagnóstico de vehículos híbridos, de fácil acceso, y de un costo de adquisición de acuerdo con la realidad del país.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Es bien sabido que en la actualidad la tecnología híbrida en el campo automotriz ha crecido a pasos agigantados, hace unos años atrás la tecnología híbrida y vehículos eléctricos no eran considerados como una fuente viable de transporte, ya que la autonomía de las baterías era limitada, además de que adquirir este tipo de vehículos tenía un costo alto en relación con los autos de combustión interna los cuales discrepan de estas desventajas, pues se los encuentra desde los costos más bajos hasta los más altos dependiendo de marcas.

Para el crecimiento de este mercado ha influido varios factores, entre los cuales podemos destacar que los costos de adquisición han bajado, la autonomía de las baterías se ha duplicado, y uno factor importante que cabe destacar es la concientización de la población y gobiernos en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmosfera.

En 2019, las ventas a nivel mundial de vehículos de combustión (gasolina y diésel) han continuado su tendencia descendente de otros años, reduciendo su volumen alrededor de un 4,7% (que se corresponde con 4,35 millones de unidades menos matriculadas durante el año). En contrapartida, las ventas mundiales de vehículos eléctricos (totalmente eléctricos e híbridos enchufables) han mantenido su tendencia creciente, aunque de forma muy desigual en función de cada mercado. (Garcia, 2020)

En la industria automotriz, la tendencia en el uso de tecnologías híbridas y eléctricas se encuentra en claro ascenso. En 2017, sus ventas a nivel global superaron los 3 millones de vehículos, 56% más que en 2016. Tan solo China con un 40% del total, así como la Unión Europea y Estados Unidos que en conjunto representan otro 50%. (Morales, 2019)

Ha sido un año cambiante para el mercado de vehículos eléctricos. En Europa, las ventas de estos autos son un 85 por ciento más altas en este momento que en comparación al año pasado, y ni siquiera es la región con el mayor crecimiento. La verdadera revolución de los vehículos eléctricos este año no se lo lleva Europa ni China, que tiene muchas tecnologías, el verdadero crecimiento se vive hoy en América Latina, lugar donde las ventas de vehículos, para 2018, aumentaron en un impresionante 90 por ciento. (Oilrpice, 2019)

Las cifras confirman lo que desde hace un tiempo se venía vislumbrando: con 390 unidades vendidas en 2018, Colombia está lidera la venta de carros eléctricos en América Latina. Ello se consolida con las 320 unidades entregadas a clientes durante los primeros seis meses de 2019, un aumento del 154% frente a las cifras del año pasado.

Así lo destaca un informe divulgado por el diario Portafolio, que resalta la supremacía de nuestro país en este aspecto frente a otros países de la región. Según la fuente, en 2018 se vendieron en México un total de 201 carros eléctricos, en Chile fueron 129, y en Ecuador, 130. (Mantilla, 2019)

La tecnología en vehículos híbridos y eléctricos, tienen un potencial enorme de crecimiento, en el Ecuador si bien es cierto no tiene un porcentaje alto de ventas, es un mercado laboral que tiene miras muy grandes a la explotación a lo que se refiera mano de obra y creación de tecnologías que ayuden al técnico a dar un diagnóstico correcto acerca del vehículo.

Hay tener en cuenta que una batería de alta tensión en los vehículos híbridos consta de varias celdas conectadas en serie. No se debe confundir esta batería con la batería convencional de baja tensión (12V), estamos hablando de una batería cuya tensión total supera los 200v. La batería está compuesta por celdas o unidades individuales de bajo voltaje, pero que, al estar conectadas en serie, el voltaje final resulta alto. (Nelson, 2000)

Para el caso del Toyota Prius en los modelos hasta el 2004, la batería tiene 38 celdas de 7,2 voltios cada una. Para los posteriores y hasta la actualidad la batería tiene 28 celdas de 7,2 voltios cada una. En el caso de versiones más potentes como la Toyota Hilander, la batería tiene 28 celdas de 10,8 voltios. (Pollet, 2012)

Es importante definir la información sobre cuanta carga tiene una batería no nos aporta mucho por si sola. Haciendo un paralelismo con un coche, el saber si quedan 10 litros de gasolina no me indica cuántos kilómetros puedo recorrer, pues la autonomía que me den esos 10 litros depende del tipo de vehículo, de su eficiencia y del modo de conducir que tenga.

Es por ello que se debe decidir cómo se da la información, si se da en Amperios-hora o en porcentaje y se deja al usuario la responsabilidad de estimar cuánto tiempo puede usar un dispositivo, o se le facilita una estimación en minutos o horas del tiempo de carga que tiene disponible.

Hay distintos métodos para el cálculo del estado de carga de una batería, dependiendo del tipo de batería, condiciones del sistema, etc.

Con respecto a los métodos de estimación de SOC y SOH, se utilizan principalmente tres enfoques: un método de recuento de culombios, un método de voltaje y un método de filtro de Kalman. Estos métodos se pueden aplicar a todos los sistemas de baterías, especialmente HEV, EV y PV. (Murnane, 2017)

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Se trata de una investigación experimental pues se pretende realizar un prototipo para una sola celda de la batería y una vez probado su correcto funcionamiento se procederá a aumentar la capacidad hasta las 10 celdas.

La investigación tiene un enfoque cualitativo puesto que la recolección de datos de voltaje y amperaje se utilizará una tarjeta tipo “x” con lo cual se evaluará los datos obtenidos para determinar el estado de carga de la batería. Se empezará con la construcción del circuito el cual recogerá los datos de la celda tanto de amperaje como de voltaje, en condiciones de carga y descarga.

Para el procesamiento y almacenamiento de los datos se ocupará la tarjeta “x”, las celdas a analizar serán sometidas primero a un balanceo mediante su conexión en serie, posteriormente se someterán al proceso de carga y descarga en el cual van a ser controlados variables como voltaje y amperaje para poder determinar los para obtener los resultados de “SOC”, “SOH”, eficiencia coulombica, graficas de carga y descarga.

El prototipo deberá ser alimentado con 220 ó 110 voltios en corriente alterna según se lo requiera y contar con interruptores para el encendido de cada pantalla y el funcionamiento de cada circuito de forma independiente, además de constar con condensadores, elementos consumidores, sensores de corriente, voltaje y microcontroladores. En la parte correspondiente a la carga de pack el cargador deberá tener pulsadores que tengan las funciones de: aumentar y disminuir voltaje de 0 a 30 V, cambiar el circuito de carga y descarga, y encendido.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un banco de pruebas para baterías híbridas y eléctricas, mediante una placa “x”, para testear el funcionamiento y diagnosticar las celdas de la batería híbrida, que entregara datos como el estado de carga de la batería, el estado de salud de la batería, la eficiencia coulombica de la celda.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Utilizar la plataforma LabVIEW por medio de la tarjeta “x” para procesar los datos de voltaje que se obtendrá de cada una de las celdas.
- Determinar el método a ocupar para la obtención del estado de carga y estado de salud de la batería.
- Investigar sobre la eficiencia coulombica para que sirve, y como se obtiene.
- Graficar las curvas de carga y descarga de las baterías.
- Realizar una maqueta en el software SolidWorks del banco de pruebas.

## CAPÍTULO I

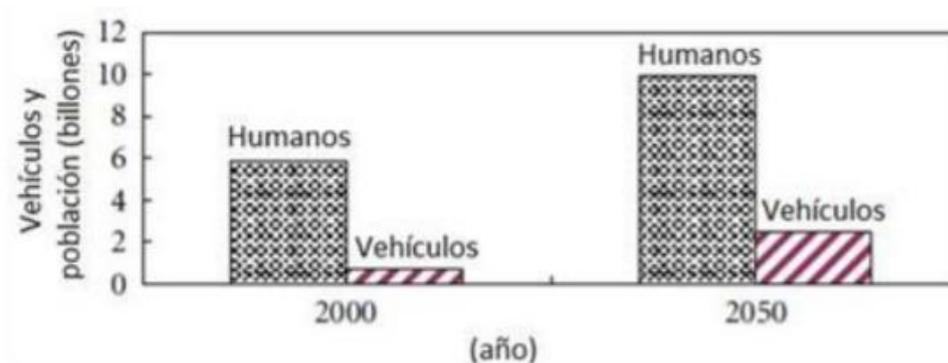
### 1. MARCO TEÓRICO

Los sistemas convencionales de producción de energía utilizado por décadas en los vehículos autopropulsados, provienen de los combustibles fósiles, sin embargo en los últimos años se ha presentado una creciente preocupación por el ahorro de combustibles y el cuidado del medio ambiente, lo que ha dado paso a una nueva fuente de energía para la propulsión de los vehículos, el cual consiste en un motor eléctrico en combinación con un motor de combustión interna, a este nuevo sistema se lo conoce con el nombre de Híbrido, cuyo principal objetivo es reducir las emisiones y el consumo de combustibles fósiles. El aire es esencial para las formas de vida existentes en la Tierra al igual que la capa atmosférica que los protege, su alteración modifica la calidad del aire y puede causar cambios climáticos, los gases expulsados por los MCI provenientes de la combustión de la gasolina o el diésel contribuyen a la generación del efecto invernadero, dañando la capa de ozono y causando el calentamiento global, además el petróleo es un recurso natural que en un futuro no muy lejano no se tendrá al alcance.

La reducción de los gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> y PM pueden tener dos alternativas de solución: la tecnológica y la no tecnológica. En el caso de la intervención tecnológica uso del biodiesel puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero puede aumentar las emisiones del NO<sub>x</sub>, utilizar filtros de partículas para reducir las emisiones de PM conlleva a un incremento de NO<sub>2</sub> primario e incentivar la compra de vehículos con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> puede conducir a la compra de vehículos a diésel lo cual puede incrementar las emisiones de PM y NO<sub>2</sub>. (Jerez, y otros, 2018)

En si la intervención tecnológica encamina a los fabricantes de vehículos a adaptarse a las nuevas normas y a los planes de mejora de la calidad del aire. La intervención no tecnológica se basa en la reducción de la intensidad y la densidad del tráfico.

La calidad del aire en el mundo se ve afectada por las emisiones del parque automotor donde el principal combustible para su funcionamiento sigue siendo los derivados del petróleo, la gasolina y el diésel, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) hasta el año 2015 fueron matriculados 1 925 368 vehículos en el Ecuador y cuyas emisiones de gases está deteriorando la calidad de vida de sus habitantes. (Sancan, 2017)



**Gráfico 1-1:** Vehículos y población

Fuente: (García, 2020)

## 1.1 Vehículos

### 1.1.1 Vehículos eléctricos

Por vehículo eléctrico se entiende: Vehículo cuya energía de propulsión procede, total o parcialmente, de la electricidad de sus baterías cargadas a través de la red eléctrica. La energía eléctrica fue el primer medio para el desplazamiento de los vehículos, son tan antiguos como los coches convencionales. Entre 1832 y 1830 se inventó el primer vehículo eléctrico puro, y en 1897 comenzaron a utilizarse taxis eléctricos en Nueva York. (Eléctrico Demostrativo Didáctico, 2020)

### 1.1.2 Vehículos híbridos

Un vehículo híbrido se caracteriza porque para su propulsión utiliza una combinación de dos sistemas que a su vez consume fuentes de energías diferentes. Esto es un motor de combustión interna y un motor eléctrico, alimentado por baterías. Al conjugar los dos sistemas, se consigue reducir de forma significativa la contaminación, ya que los vehículos tradicionales originan problemas de contaminación ambiental, exceso de ruido y secuelas en la salud de las personas. (Enrique & García, 2006)

### 1.1.3 Tipos de vehículos híbridos

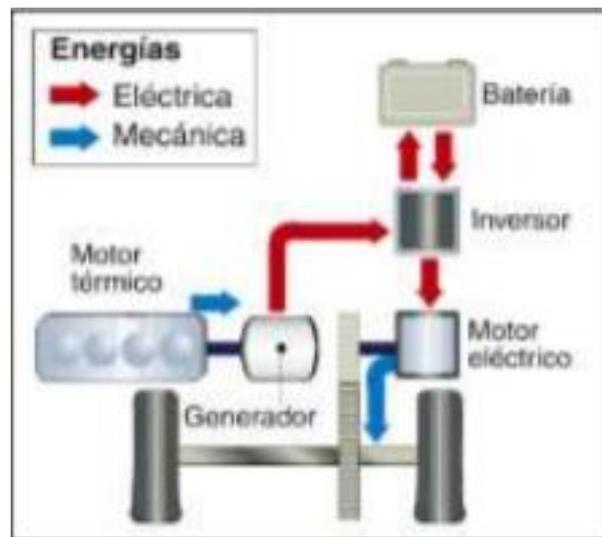
Se puede clasificar los vehículos híbridos de acuerdo con su combinación de motor eléctrico y de combustión de dos formas:

- Configuración en serie
- Configuración en paralelo

- Configuración serie-paralelo

### 1.1.3.1 Configuración en serie

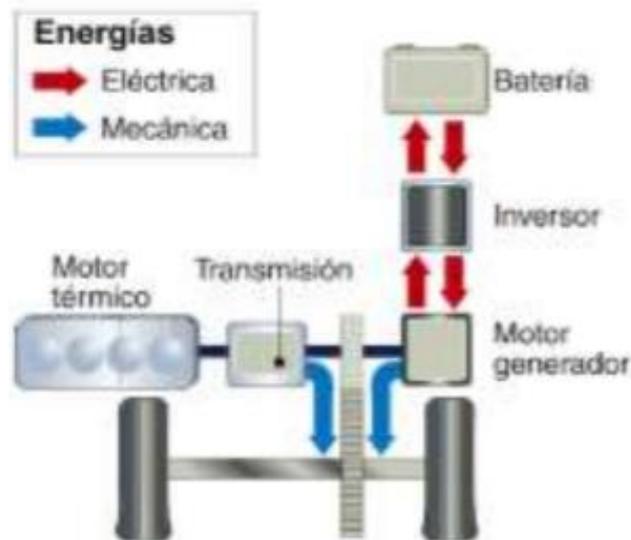
En este sistema el vehículo es impulsado por un motor eléctrico. El motor térmico no está conectado directamente a la transmisión, este está conectado a un generador y este suministra corriente al motor eléctrico.



**Figura 1-1:** Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en serie  
**Fuente:** (Pérez, 2020)

### 1.1.3.2 Configuración en paralelo

La figura 2-1 hace referencia a una configuración en paralelo en donde los motores eléctricos y térmicos están conectados a la transmisión mecánica. Funcionan en paralelo, el motor térmico es la parte principal y el motor eléctrico funciona en casos de alta sollicitación.



**Figura 2-1:** Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en paralelo

Fuente: (Pérez, 2020)

## 1.2 Batería

Una batería es un dispositivo que convierte energía química en energía eléctrica mediante una reacción redox. En el caso de las baterías secundarias la reacción es reversible de forma que, una vez descargada, la batería puede recargarse. A diferencia de las máquinas térmicas o de combustión basadas en el ciclo de Carnot, las baterías no están sujetas a las limitaciones impuestas por la segunda ley de la termodinámica por lo que son energéticamente más eficientes. La unidad básica electroquímica es la celda, compuesta por tres elementos principales: el ánodo, o electrodo negativo; el cátodo, o electrodo positivo, y el electrolito, que es el conductor iónico que proporciona el medio físico para la transferencia de carga. (Iglesias et al., 2012)

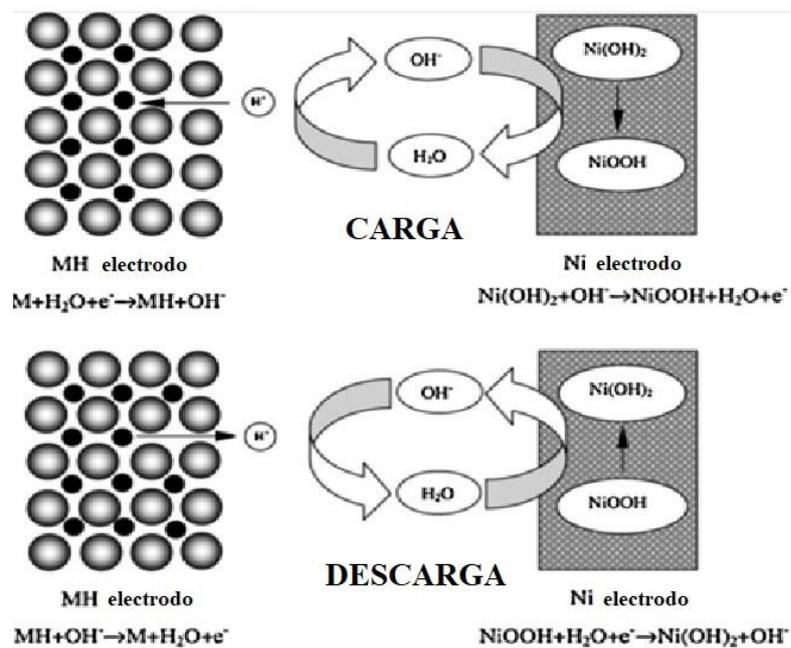
### 1.2.1 Baterías híbridas

#### 1.2.1.1 Baterías de hidruro metálico de níquel (NiMH)

Las baterías de NiMH se utilizan en más del 95% de todos los HEV y, hasta ahora, los principales fabricantes han invertido sustancialmente en los últimos 10 años. La principal ventaja desde el punto de vista de la fabricación es la seguridad de NiMH en comparación con

las baterías de iones de litio y, hasta ahora, no se ha informado de incidentes en la prensa. Además, las baterías de NiMH son las preferidas en aplicaciones industriales y de consumo debido a su flexibilidad de diseño (por ejemplo, de 30 mAh a 250 Ah), aceptabilidad ambiental, bajo mantenimiento, alta potencia y densidades de energía, costo y lo más importante, seguridad (en los modos de carga y descarga, a altos voltajes). Las baterías de NiMH tienen un precio actual de \$ 250 a \$ 1500 / kWh, de ahí el total.

La batería de NiMH fue patentada en 1986 por Stanford Ovshinsky, fundador de Ovonics, cuando investigaba sobre materiales de almacenamiento de hidrógeno. Ovshinsky también describió el NiMH como la batería de 'iones de hidrógeno' o 'protónica' por analogía con las baterías de iones de litio, ya que la reacción electroquímica de NiMH implica la transferencia e 'inserción' de H<sup>+</sup>. Los componentes de las baterías de NiMH incluyen un ánodo de hidrógeno. (Romero, 2021)



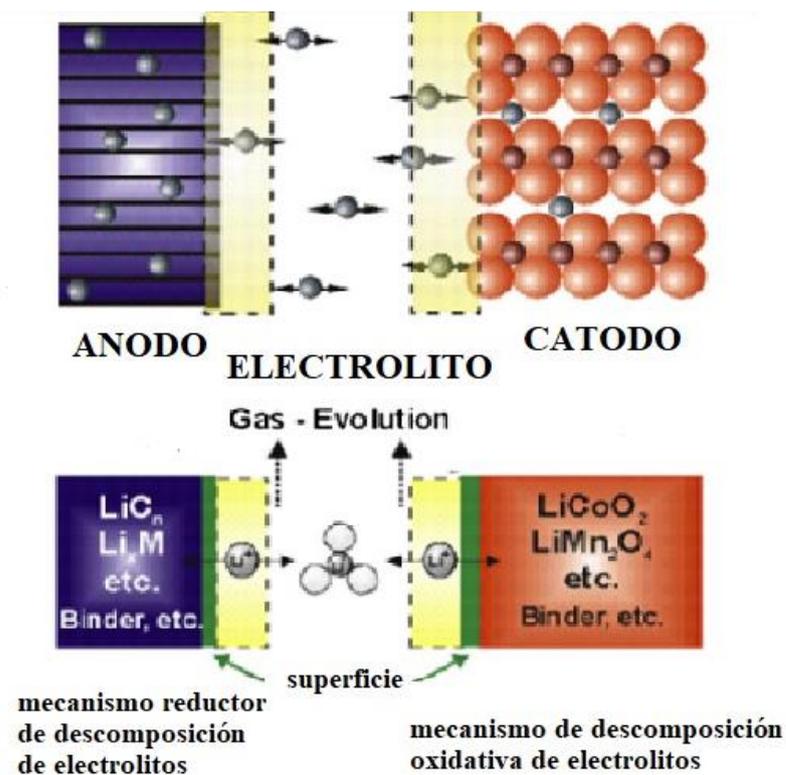
**Figura 3-1:** Diagrama esquemático de los procesos de reacción electroquímica de una batería de NiMH

Fuente: (Romero, 2021)

### 1.2.1.2 Baterías de iones de litio (Li-ion)

Las baterías de iones de litio son ligeras, compactas y funcionan con un voltaje de celda de ~4V con una energía específica en el rango de 100–180Wh kg<sup>-1</sup>. En este tipo de baterías tanto el

ánodo (grafito, por ejemplo, microperlas de mesocarbono, MCMB) y cátodo (óxido de metal de litio — LMO<sub>2</sub>, por ejemplo, LiCoO<sub>2</sub>) son materiales en los que, y del cual, el litio (como Li<sup>+</sup>) migra a través del electrolito (normalmente una sal de litio, por ejemplo, hexafluorofosfato de litio, LiF<sub>6</sub>, en un disolvente orgánico, p. ej. carbonato de etileno-dimetilcarbonato, EC – DMC en un separador de fieltro), luego se inserta (proceso de intercalación) o extraído (proceso de desintercalación) en los electrodos. Por lo tanto, cuando se descarga una batería de iones de litio, se extrae Li del ánodo (-) y se inserta en el cátodo (+) y cuando se se está cargando, se produce el proceso inverso. (Martil, 2020)



**Figura 4-1:** Funcionamiento de una batería de iones de litio  
Fuente: (Martil, 2020)

### 1.3 Parámetros de baterías

Como parámetros de las baterías se van a considerar los siguientes:

#### 1.3.1 Tensión circuito abierto

La tensión termodinámica de una celda de batería está asociada con las reacciones químicas y el número de electrones que se transfieren en dichas reacciones. La energía liberada por una reacción en una celda viene dada por el cambio en la energía libre de Gibbs, generalmente expresada en cantidades por mol. (Goodenough, 2019)

### **1.3.2 Tensión de la carga y descarga.**

Todas las celdas eléctricas tienen una tensión nominal que da aproximadamente la tensión cuando la celda está entregando potencia. Las celdas se conectan en serie para dar la tensión requerida total. Las baterías de tracción para vehículos normalmente son de 6V a 12 V y estas unidades se conectan en serie para producir la tensión deseada. Esta tensión, en la práctica cambiara. Cuando la batería se descarga, la tensión cae; mientras que cuando se carga, la tensión sube.

### **1.3.3 Capacidad**

La cantidad de carga liberada por el material activo del electrodo negativo y consumido por el electrodo positivo en una descarga completa de las baterías se denomina capacidad de la batería, Q y se expresa en Ah.

### **1.3.4 Estado de carga (SOC) %**

Expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual, respecto al cien por cien de la capacidad cuando la batería está completamente cargada.

**Ecuación 1-1:** Estado de carga

$$SoC = SoC_o + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau$$

En donde  $SoC_o$ : es el estado inicial de carga de la batería, C: es la capacidad nominal de la batería, t el tiempo y  $\tau$  es la variable de integración.

### ***1.3.5 Profundidad de descarga.***

Relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma. Depth Of Discharge (DOD). (Ordoñez, 2011)

### ***1.3.6 Energía Específica***

La energía específica se define como la capacidad de energía por unidad de masa (Wh/kg). La energía específica teórica es la máxima energía que se puede generar por unidad de masa total de reactantes en la celda. (Martinez, 2015)

### ***1.3.7 Potencia Específica***

La potencia específica se define como la máxima potencia por unidad de masa de la batería que la batería puede producir en periodo de tiempo muy corto. La potencia específica es importante en el peso de la batería, especialmente en aplicaciones con demanda de alta potencia específica, tales como en los vehículos eléctricos híbridos (VEH). La potencia específica de una batería depende principalmente de la resistencia interna. (Martinez, 2015)

### ***1.3.8 Eficiencia Coulombica***

Describe la eficiencia de la carga con la cual se transfieren los electrones en la batería generando una reacción electroquímica. Se puede calcular mediante la relación entre la capacidad extraída cargada y la necesaria para volver al estado inicial.

**Ecuación 2-1:** Eficiencia Coulombica

$$n = \frac{Ah \text{ descargados}}{Ah \text{ cargados}}$$

### ***1.3.9 Rendimiento***

Las pérdidas de energía o potencia durante la descarga y carga aparecen en forma de tensión. Así, el rendimiento de la batería durante la carga o descarga se puede definir en cualquier punto

del funcionamiento como la relación entre la tensión de operación y la tensión en circuito abierto. (Martinez, 2015)

**Ecuación 3-1:** Rendimiento en la descarga

$$n = \frac{V}{V_0}$$

**Ecuación 4-1:** Durante la carga

$$n = \frac{V_0}{V}$$

### ***1.3.10 Vida de la batería***

Los ciclos de vida de una batería son el número de ciclos de carga y descarga que se pueden realizar hasta que la capacidad sea el 80% de su valor nominal. Es altamente recomendable que las baterías tengan más de 500 ciclos de vida para su aplicación en vehículos eléctricos. (Martinez, 2015)

### ***1.3.11 Estado de salud***

Una batería completamente cargada tiene la capacidad máxima liberable ( $C_{max}$ ), que puede ser diferente de la capacidad nominal. En general,  $C_{max}$  es hasta cierto punto diferente de  $C_{nom}$  para una batería recién utilizada y disminuirá con el tiempo de uso. Puede utilizarse para evaluar el SOH de una batería. (Murnane, 2017)

**Ecuación 5-1:** Estado de salud

$$SOH = \frac{C_{max}}{C_{nom}} * 100\%$$

## **1.4 Métodos de estimación del estado de carga y salud de la batería**

Varios métodos de estimación de estado de carga han mejorado a través del tiempo. Primero consiste en determinar del tipo de batería y de las condiciones del sistema.

### ***1.4.1 Medida directa***

Método teórico e hipotético el cual se sustenta en la hipótesis de una corriente de descarga constante. Este valor es multiplicado por el tiempo de descarga total de la batería obteniéndose

la capacidad de la batería. Como es fácil intuir, se trata de un método inviable ya que la corriente de descarga es variable para la práctica y, además, los usuarios deberían conocer la estimación del SOC sin descargar la batería o, al menos, antes de la descarga total de la misma.

#### ***1.4.2 Medida de la gravedad específica***

O medida de densidad relativa y es necesario tener acceso al electrolito líquido interno de la batería. La relación entre la densidad del agua y la de una sustancia electrolítica desciende linealmente con la descarga de la celda de batería. Por tanto, midiendo la densidad del electrolito se obtiene una estimación del SOC de la celda. Aunque se trata de un método bastante preciso, no es capaz de determinar la capacidad total de la batería.

#### ***1.4.3 Impedancia interna***

Con los ciclos de carga y descarga, la composición de los componentes químicos internos a una celda cambia y esto deriva en una variación de la impedancia interna. Este parámetro también es un indicativo del Estado de carga (SOC) pero su medida se hace muy difícil durante el funcionamiento real de una batería y, además, tiene una gran dependencia con la temperatura.

#### ***1.4.4 Estimación basada en voltaje***

Este método se basa en una relación directa entre el voltaje actual de la batería y la capacidad disponible de la misma. Se trata de un método poco preciso debido al comportamiento no lineal de muchos tipos de baterías con respecto al voltaje como las de ión Litio en un rango de valores intermedio. En el Gráfico 7 de la página 16 de la memoria en inglés se muestra un ejemplo de curva característica no lineal de una batería de ión Litio. Se puede observar una caída abrupta de la tensión cerca de la inminente descarga total de la batería, lo cual supone una situación crítica para la gran mayoría de las aplicaciones electrónicas móviles. Estas características hacen de la medida basada en voltaje un buen método para estimar los momentos de carga total y de descarga inminente pero no para valores intermedios.

#### ***1.4.5 Estimación basada en intensidad***

También llamado Coulomb counting, consiste en la integración de la corriente entrante y saliente en la batería. Básicamente, este método integra en el tiempo la intensidad que carga y descarga las celdas y su resultado es la carga almacenada en el interior de estas. Es calificado como el método más preciso para la estimación del SOC debido a la medida directa de la carga

fluyendo hacia y desde la batería. Sin embargo, este método necesita ser combinado con algún método de estimación de las condiciones de medida como por ejemplo el momento de inicio del proceso de carga.

## **1.5 Tipos de recarga**

Uno de los principales retos del vehículo eléctrico es crear una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano. Una posible opción para catalogar los puntos de recarga es en función de su ubicación y uso. En la actualidad hay varios tipos de recarga; desde los lentos, idóneos para recargar en casa, hasta los más rápidos, capaces de completar la carga en diez minutos. (García & Código, 2015)

### ***1.5.1 Recarga lenta***

Es la más estandarizada y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la aceptan. Se suele realizar con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 voltios (V) y una intensidad de hasta 16 amperios (A). El tiempo necesario para una recarga completa de la batería (tipo 24kWh) ronda entre las 6 y 8 horas. Es apto para garajes privados, ya que es la misma tensión y corriente que la doméstica. (García & Código, 2015)

### ***1.5.2 Recarga semi-rápida***

Sólo la aceptan algunos vehículos, aunque es previsible que en fechas próximas sea un tipo de recarga bastante común. La carga se realiza con corriente alterna trifásica, con una tensión de 400V y una intensidad de hasta 64A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce a 3 o 4 horas. (García & Código, 2015)

### ***1.5.3 Recarga rápida***

Concebida a más largo plazo por sus mayores complicaciones. Algunos fabricantes ya la admiten. Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400V y hasta 400A. El tiempo de recarga se reduce a unos 15 - 30 minutos. (García & Código, 2015)

## 1.6 Cargadores de baterías híbridas y eléctricas

Los cargadores de baterías desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de los vehículos eléctricos. El tiempo de carga y la duración de la batería están vinculados a las características del cargador de batería. Un cargador de batería debe ser eficiente y confiable, con alta densidad de potencia, bajo costo y bajo volumen y peso. Su funcionamiento depende de componentes, control y estrategias de conmutación. Los algoritmos de control del cargador se implementan a través de controladores analógicos, microcontroladores, procesadores de señales digitales y circuitos integrados específicos según la clasificación, el costo y los tipos de convertidores. Un cargador de vehículos eléctricos debe garantizar que la corriente de la red se extraiga con baja distorsión para minimizar el impacto en la calidad de la energía y con un factor de potencia alto para maximizar la potencia real disponible en una toma de corriente.

Los cargadores de baterías para vehículos eléctricos modernos contienen un convertidor elevador para la corrección activa del factor de potencia (PFC). El diseño utiliza un puente de diodos dedicado para rectificar el voltaje de entrada de CA a CC, que es seguido por la sección de refuerzo. La topología de PFC de refuerzo sin puente evita la necesidad del puente de entrada del rectificador, pero mantiene esta topología de refuerzo. El convertidor resuelve el problema de la gestión del calor en el puente de diodos del rectificador de entrada inherente al PFC de refuerzo convencional, pero aumenta la interferencia electromagnética (EMI). Se ha propuesto el entrelazado para reducir la ondulación de la corriente de carga de la batería y el tamaño del inductor. Consiste en dos convertidores elevadores en funcionamiento en paralelo  $180^\circ$  fuera de fase. El convertidor elevador intercalado tiene la ventaja de semiconductores en paralelo. Con cancelación de ondulación en la salida, también reduce la tensión en los condensadores de salida. Sin embargo, de manera similar al impulso, esta topología debe proporcionar administración de calor para el puente rectificador de entrada; por lo tanto, está limitado a niveles de potencia de hasta aproximadamente 3,5 kW. Un puente Se propuso una topología menos intercalada para niveles de potencia superiores 3,5 kW.

Los convertidores multinivel pueden reducir el tamaño, la frecuencia de conmutación y el estrés en los dispositivos y son adecuados para cargadores EV de nivel 3. Permiten un filtro más pequeño y menos costoso. La complejidad añadida y los componentes adicionales aumentan el coste y los circuitos de control necesarios. Actualmente, la mayoría de los PEV utilizan un cargador de a bordo monofásico para recargar sus baterías, y en la bibliografía se informa sobre muchas configuraciones de circuitos. La topología de un cargador multinivel unidireccional

monofásico es adecuada, y es una topología de cargador multinivel común para carga de niveles 1 y 2 de baja potencia. Se recomiendan convertidores multinivel bidireccionales trifásicos para sistemas de carga de nivel 3 de alta potencia.

### **1.6.1 Tipos de cargadores**

#### *1.6.1.1 Cargadores unidireccionales*

Son posibles dos tipos de flujo de energía entre los vehículos y la red eléctrica. Los vehículos eléctricos con cargadores unidireccionales pueden cargar, pero no inyectar energía en la red eléctrica. Estos cargadores suelen utilizar un puente de diodos junto con un filtro y convertidores CC-CC. En la actualidad, estos convertidores se implementan en una sola etapa para limitar el costo, el peso, el volumen y las pérdidas. Se pueden emplear transformadores de aislamiento de alta frecuencia cuando deseado. La simplicidad en el control de cargadores unidireccionales hace que sea relativamente fácil para una empresa de servicios públicos administrar alimentadores muy cargados debido a múltiples vehículos eléctricos. Aquellos con extremos frontales activos pueden proporcionar soporte de energía reactiva local por medio del control de ángulo de fase de corriente sin tener que descargar una batería. La investigación sobre la carga unidireccional busca estrategias de carga óptimas que maximicen los beneficios y exploren el impacto en las redes de distribución. Con una alta penetración de vehículos eléctricos y un control activo de la corriente de carga, los cargadores unidireccionales pueden cumplir con la mayoría de los objetivos de servicios públicos al tiempo que evitan los problemas de costo, rendimiento y seguridad asociados con los cargadores bidireccionales.

#### *1.6.1.2 Cargadores bidireccionales*

Un cargador bidireccional típico tiene dos etapas: una red activa conectada convertidor bidireccional ac-dc que refuerza el factor de potencia y un bidireccional convertidor CC-CC para regular la corriente de la batería. Estos cargadores pueden usar Configuraciones de circuito aislado o no aislado. Cuando funciona en modo de carga, deben extraer una corriente sinusoidal con un ángulo de fase definido para controlar potencia y potencia reactiva. En modo de descarga, el cargador debe regresar corriente en una forma sinusoidal similar. Un cargador bidireccional admite la carga de la red, la inyección de energía de la batería de vuelta a la red, referido como modo de operación de vehículo a red (V2G) y estabilización de potencia. Este

circuito tiene dos interruptores, lo que simplifica enormemente el control circuitos. Sin embargo, hay dos inductores de alta corriente que tienden a ser voluminosos. y caro, y sólo puede moverse en una dirección y aumentar en la otra. Si bien este circuito proporciona alta densidad de potencia y control rápido, el gran número de los componentes puede aumentar el costo.

### **1.7 Códigos y normas internacionales de carga para vehículos eléctricos.**

El despliegue exitoso de vehículos eléctricos durante la próxima década está vinculado a la introducción de estándares y códigos internacionales, una infraestructura universal y periféricos asociados y software fácil de usar en propiedad pública y privada. Los códigos y estándares de seguridad abordan una amplia una variedad de cuestiones relacionadas con los vehículos eléctricos. Los costes asociados con la infraestructura de carga se correlacionan con los estándares de hardware. Ciertos estándares están haciendo que la infraestructura de carga de vehículos eléctricos sea más complicado y caro que la infraestructura eléctrica convencional.

(Yilmaz, 2020)

### **1.8 Tarjetas de desarrollo**

Son plataformas de desarrollo basadas en lenguajes de programación para poder ejecutar una serie de comandos o líneas programación con la finalidad de realizar una tarea específica. Estas tarjetas pueden ser de código abierto ayudando a la programación electrónica capaz de enviar y recibir información hacia la mayoría de los dispositivos conectados en la misma, incluso valerse de Internet para controlar un dispositivo electrónico específico. Las tarjetas de desarrollo tienen la capacidad de leer información de diferentes tipos de dispositivos de entradas como, por ejemplo: sensores, antenas, etc. Así como también dispositivos de salida como son leds, parlantes, motores entre otros. (Morasf, 2018)

### **1.9 Sensores**

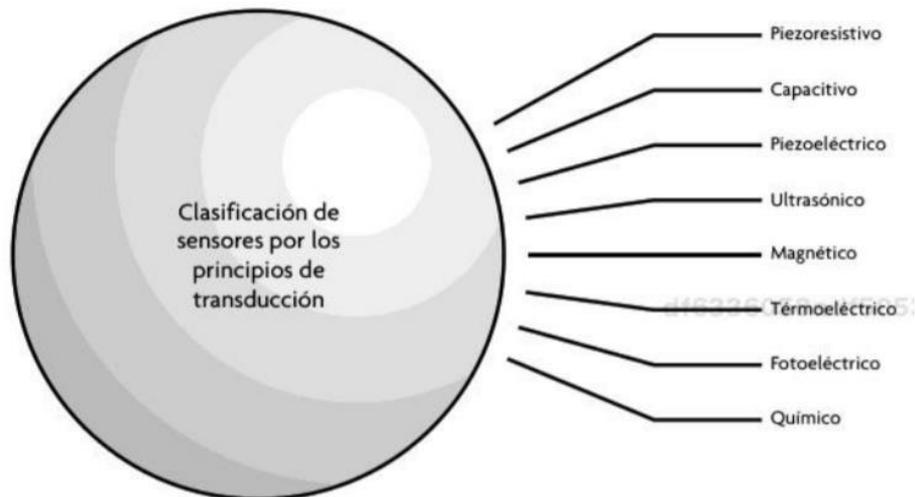
Los sensores están relacionados directamente con la definición de transductor ya que este es el que nos permite transformar o convertir una energía de entrada en una especificada salida. La

diferencia presentada entre transductor y sensor se basa en que el sensor cambia el dominio de la variable física medida además la salida será un dato útil para el sistema de medida.

Las principales clasificaciones de los sensores son: principio de transducción utilizado y por la variable a medir. (Corona, 2014)

### 1.9.1 Clasificación de los sensores por el principio de transducción

El tipo de transductor que utilice es una forma de clasificar a los sensores, pero se puede decir que no es clara ya que no ofrece una visión clara del tipo de variable física a medir. (Corona, 2014)



**Figura 5-1:** Clasificación principio de transducción

Fuente: (Corona, 2014)

### 1.9.2 Clasificación de los sensores por el tipo de variable medida

La clasificación más utilizada para sensores es según la variable a determinar o calcular. Este tipo de clasificación causa una cierta incertidumbre ya que un mismo sensor puede medir una o varias variables a la vez. (Corona, 2014)

**Tabla 1-1:** Clasificación Según la variable física

Variable	posición, velocidad y aceleración
	nivel y proximidad
	humedad y temperatura
	fuerza y deformación
	flujo y presión
	color, luz y visión
	gas y pH
	biométricos
	corriente

**Fuente:** (Corona, 2014)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Requisitos del sistema

Se los establece teniendo en cuenta las condiciones de trabajo del prototipo

- El sistema cuente con protecciones en el suministro y en la salida del cargador
- El prototipo permita la conexión de hasta 10 módulos de la batería
- Monitorear los valores de voltaje y corriente de cada módulo.

#### 2.2 Parámetros de diseño

La batería híbrida utilizar es una de hidruro metálico de níquel la cual presenta nivel de tensión y estado de carga especificados en la tabla 1-2, los cuales son utilizados para determinar el estado de carga inicial en el código implementado.

**Tabla 1-2:** Voltaje 1 celda NI-MH

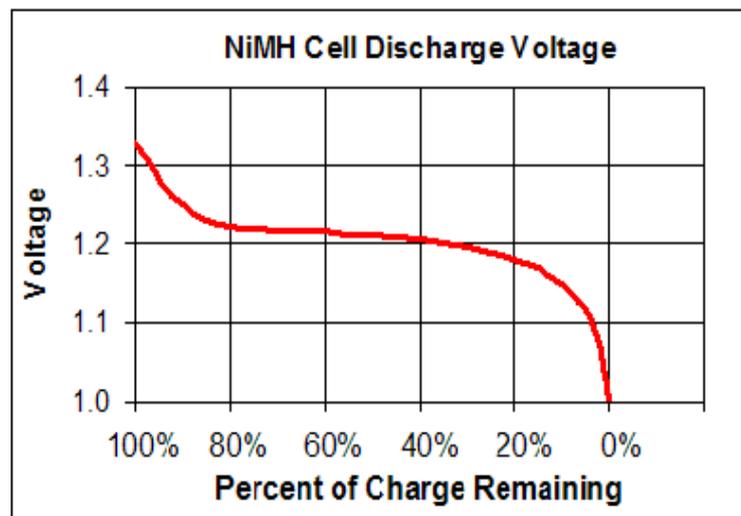
Voltios	% SOC
1,025	0,000%
1,05	2,000%
1,075	2,250%
1,1	3,000%
1,125	5,000%
1,15	10,000%
1,175	15,000%
1,178	20,000%
1,1875	25,000%
1,195	30,000%
1,2	35,000%
1,21	40,000%
1,2125	45,000%
1,215	50,000%
1,2155	55,000%
1,216	60,000%

1,217	65,000%
1,218	70,000%
1,219	75,000%
1,225	80,000%
1,23	85,000%
1,25	90,000%
1,275	95,000%
1,325	100,000%

Fuente: (Ayub, 2010)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Todos estos valores son mostrados en la Gráfica 1-2 de voltaje versus porcentaje de carga de una celda en la batería antes mencionada.



**Gráfico 1-2:** Tensión de descarga de una celda de NiMH

Fuente: (Ayub, 2010)

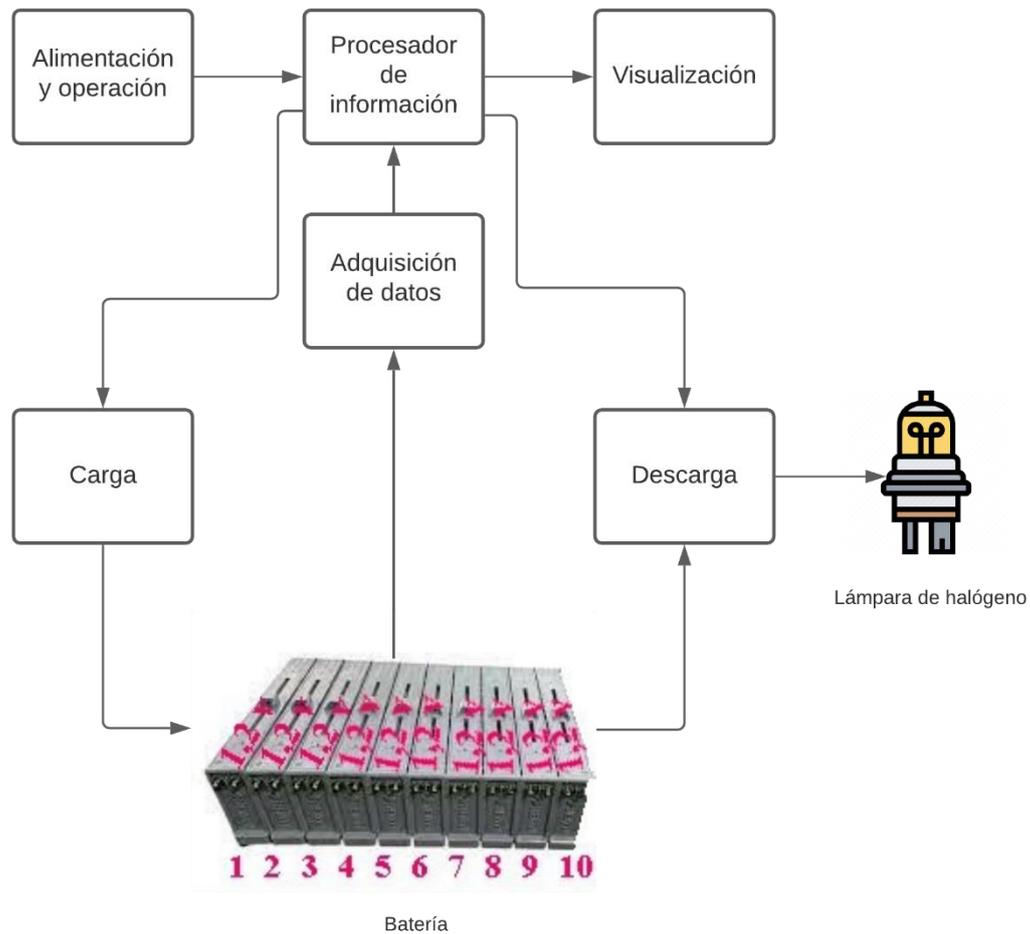
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

El dispositivo cumple su función para una batería de 8 celdas, cada una de 1,2 V. por lo tanto el cargador a utilizar debe satisfacer el valor es de voltaje y tensión de carga especificados en la hoja.



## 2.5 Diagrama de bloques

Después de realizar la concepción de la arquitectura se determina que el mismo consta de 5 módulos bien definidos como: bloque de alimentación, carga, descarga, adquisición de datos y visualización mostrados en la Figura 2-2.



**Figura 2-1:** Diagrama de bloques  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.5.1 Bloque de alimentación

Alimenta tanto el bloque de carga y descarga como la tarjeta de desarrollo utilizada para recopilar los datos de los sensores a utilizar.

### **2.5.2 Bloque de carga**

Permite la carga de la batería utilizada, con voltaje y corriente ajustable, en el rango de 0 a 30 voltios y 0 a 1 amperios respectivamente.

### **2.5.3 Bloque de descarga**

Conmuta hacia una lámpara de halógeno para consumir la batería utilizada.

### **2.5.4 Bloque de adquisición de datos**

Para el presente prototipo, las variables necesarias para el estudio son voltaje y corriente de cada una de las celdas de la batería.

### **2.5.5 Bloque de visualización**

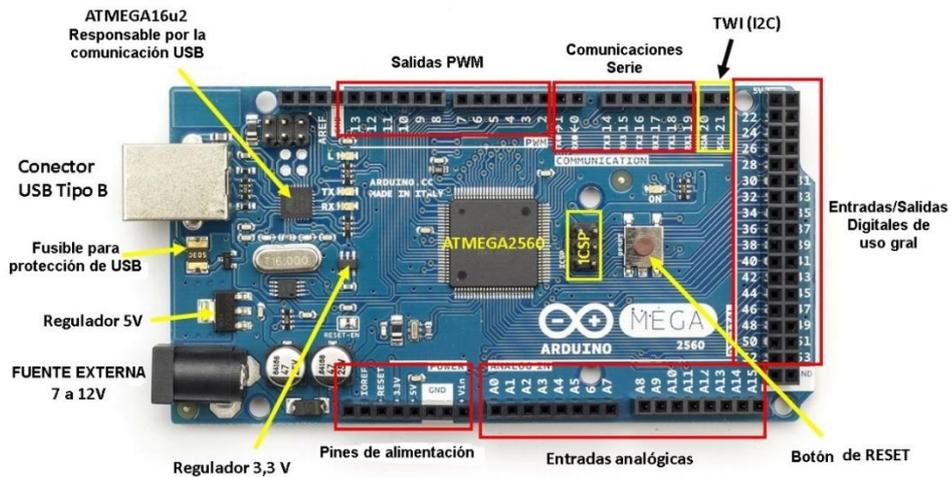
Permite la comunicación para la visualización de datos entre la tarjeta de desarrollo y la interfaz realizada en el software *LabView*.

## **2.6 Selección de elementos que conforman los bloques del prototipo**

En este apartado se describen los componentes de hardware que forman parte del sistema con sus características más importantes.

### **2.6.1 Arduino MEGA**

Es una tarjeta de desarrollo reprogramable basado en el chip ATmega2560 como se muestra en la Figura 3-2, utilizando el lenguaje C++, pero Arduino ofrece un core facilitando la programación, como como algunas otras librerías para operaciones específicas. Consta de: USB plug, fuente de alimentación externa, botón de reset, microcontrolador, pines analógicos, pines digitales, tierra digital y analógica, pines de alimentación, y un programador de circuito, este es otra fuente para cargar su programa (Badamasi,2014). En la Tabla 2-2 se muestran sus características técnicas principales.



**Figura 3-2:** Arduino MEGA

Fuente: (Arduino, 2021)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

**Tabla 2-2:** Características del Arduino MEGA

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Versión	2560
Voltaje de funcionamiento	5 V.
Corriente continua por pin	20 mA.
Corriente continua para 3.3V. por terminal	50 mA.
Velocidad del reloj	16 Mhz
Precio	\$ 18

Fuente: (Arduino, 2021)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.6.2 Sensor de voltaje

Se utilizan para detectar el voltaje del cargador y la batería. Su implementación será mediante el uso de dos circuitos divisores de voltaje. Consiste en dos resistencias de 30 kΩ y 18 kΩ respectivamente, y de la misma forma para la batería. Para un circuito divisor de voltaje el voltaje de salida se obtiene a través de la Ecuación 1-2.

**Ecuación 1-2:** Divisor de voltaje

$$V_o = V_{in} * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Donde:

R1, R2 son las resistencias con los valores antes mencionados.

Vin es el voltaje de entrada

Vo es el voltaje de salida

### 2.6.3 *Sensor de corriente*

Para la medición de corriente, se utilizará el sensor de corriente de efecto Hall variante ACS712-20A. Lee el valor actual y lo convierte en un valor de voltaje relevante, el valor que vincula las dos mediciones es el valor de sensibilidad, el cual es de 185mV/A y el voltaje de detección media es de 2,5 V cuando no hay corriente. (Allegro Microsystems Inc, sf)



**Figura 4-2:** ACS712-20A

**Fuente:** (Allegro Microsystems Inc, sf)

**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.6.4 *Cargador*

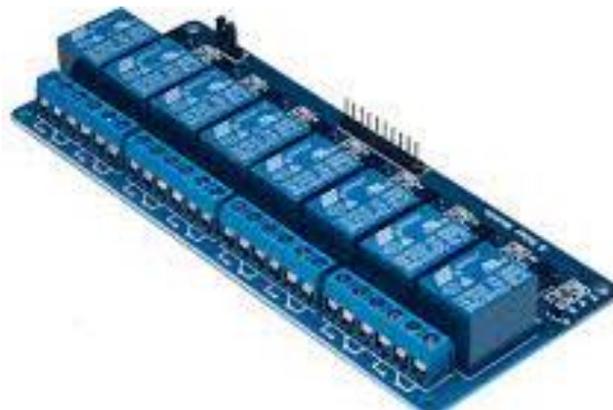
De acuerdo con las necesidades presentadas en el apartado anterior se determinó utilizar un circuito de alimentación de voltaje y corriente variable, el cual se basa en dispositivo convertidor CC-CC basado en el circuito integrado XL4016 que funciona en una topología de convertidor reductor. Tiene como función entregar un voltaje de salida constante inferior al voltaje de entrada frente a variaciones del voltaje de entrada o de carga. Soporta corrientes de salida de hasta 8A, voltaje de entrada entre 8V a 40V y voltaje de salida entre 1,25V a 36V. El voltaje de salida se selecciona mediante un potenciómetro multivuelta



**Figura 5-2:** XL4016  
**Fuente:** (FairChild Semiconductor, 2013)  
**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.6.5 Relés

Permiten conmutar terminales, controlados por una señal digital de 5 voltios, energizando la bobina para conmutar. Relés Simple polo doble corte (SPDT) con capacidad de hasta 7 Amperios (A) cada uno. Puede controlar dispositivos de 230V y 120V en corriente alterna (AC).



**Figura 6-2:** Relés  
**Fuente:** (Tesla,2020)  
**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.6.6 Switch

Dispositivo de conmutación manual, de dos terminales, con capacidad de hasta 125 voltios en corriente alterna y 6 amperios.



**Figura 7-2:** Switch

Fuente: (Tesla,2020)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.6.7 Procesador

Como se muestra en la Figura 8-2 se utilizó una laptop HP envy x360 octava generación con Windows 10, la cual contribuyo con la capacidad de procesamiento requerida, así como tiempos de respuesta rápidos. En la Tabla 3-2 se presentan sus características principales.



**Figura 8-2:** HP envy x360

Fuente: (Hewelt Packard, 2021)

**Tabla 3-2:** Características HP envy x360

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Procesador	Intel Core i7

RAM	8
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits
Tarjeta grafica	NVIDIA® GEFORCE® MX150
Disco Duro	512Gb
precio	\$899,99

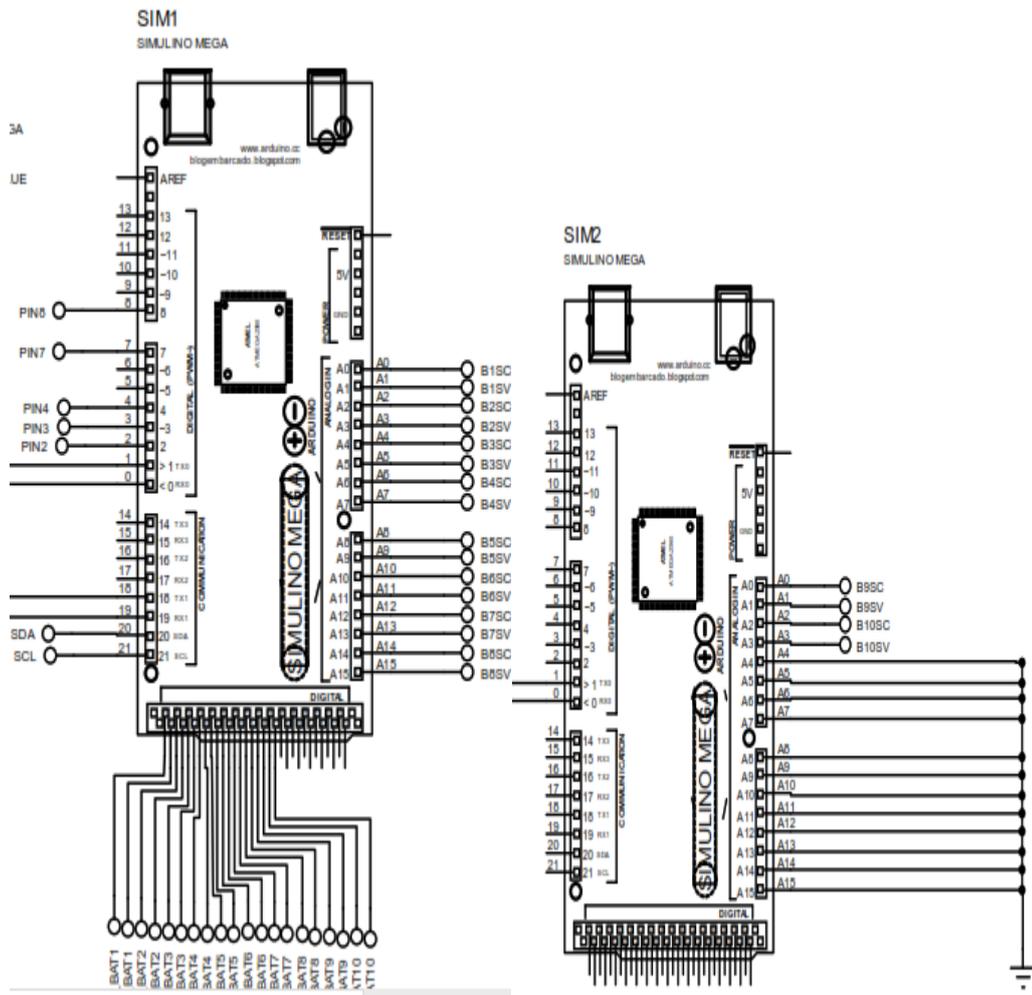
**Fuente:** (Hewelt Packard, 2021)

**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

## 2.7 Esquema de conexión del prototipo

En este apartado se indica las conexiones de todo el prototipo, tanto el bloque de carga y descarga se realiza para los 10 módulos de la batería.

### 2.7.1 Tarjetas de desarrollo



**Figura 9-2:** Conexión de Arduino MEGA 2560  
**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

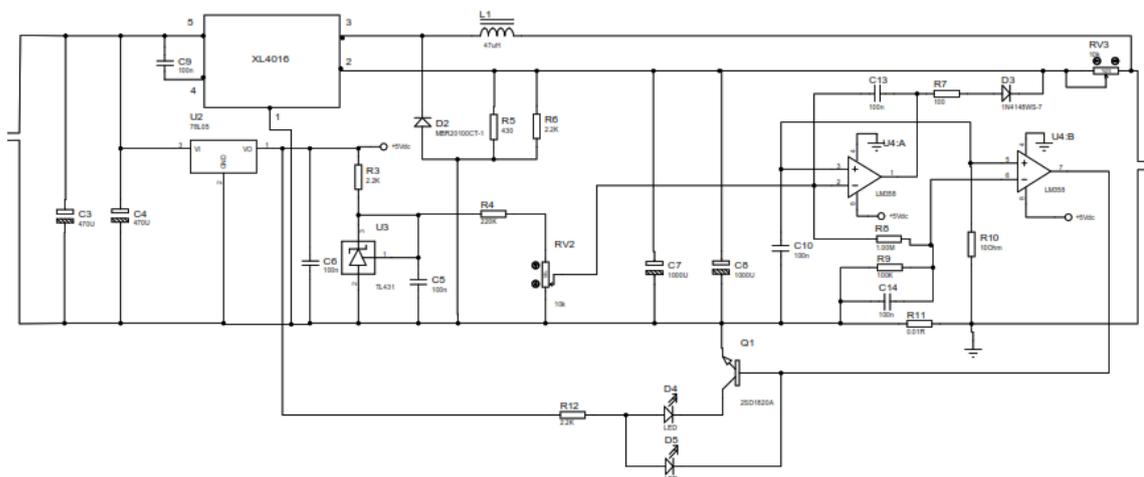
El esquema a implementar se basa en la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA 2560, en los cuales se utilizan los 16 terminales analógicos del primero Arduino y 4 terminales analógicos del segundo, estos terminales son necesarios para la adquisición de datos de voltaje y corriente de cada módulo de la batería.

Para la selección de los modos de carga y descarga se utiliza 22 terminales digitales, los dos primeros son para el botón de inicio o encendido del banco de diagnóstico y para el switch de operación, que permite conmutar a los módulos de relés para cada operación.

La conexión entre las dos tarjetas de desarrollo es a través de los terminales de transmisión y recepción de datos (TX) y (RX), respectivamente.

### 2.7.2 Bloque de carga

Se basa en el convertidor CC-DC XL4016, el cuál es un regulador de tipo conmutado reductor con una alta eficiencia de conversión, excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. El módulo reduce al mínimo el uso de componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación. Permite obtener un voltaje regulado a partir de una fuente con un voltaje mayor, por ejemplo: obtener 5V, 3,3V, 1,8V a partir de una fuente o batería de 12V. Para asegurar un buen funcionamiento el nivel de voltaje de entrada debe ser superior al nivel de voltaje de salida por lo menos en 1,25V, ya que, de no ser así, se presentaría problemas de eficiencia y rendimiento. Es capaz de manejar una carga de hasta 8A, cuando se emplee para una corriente superior a 5A es recomendable adicionar ventilador.

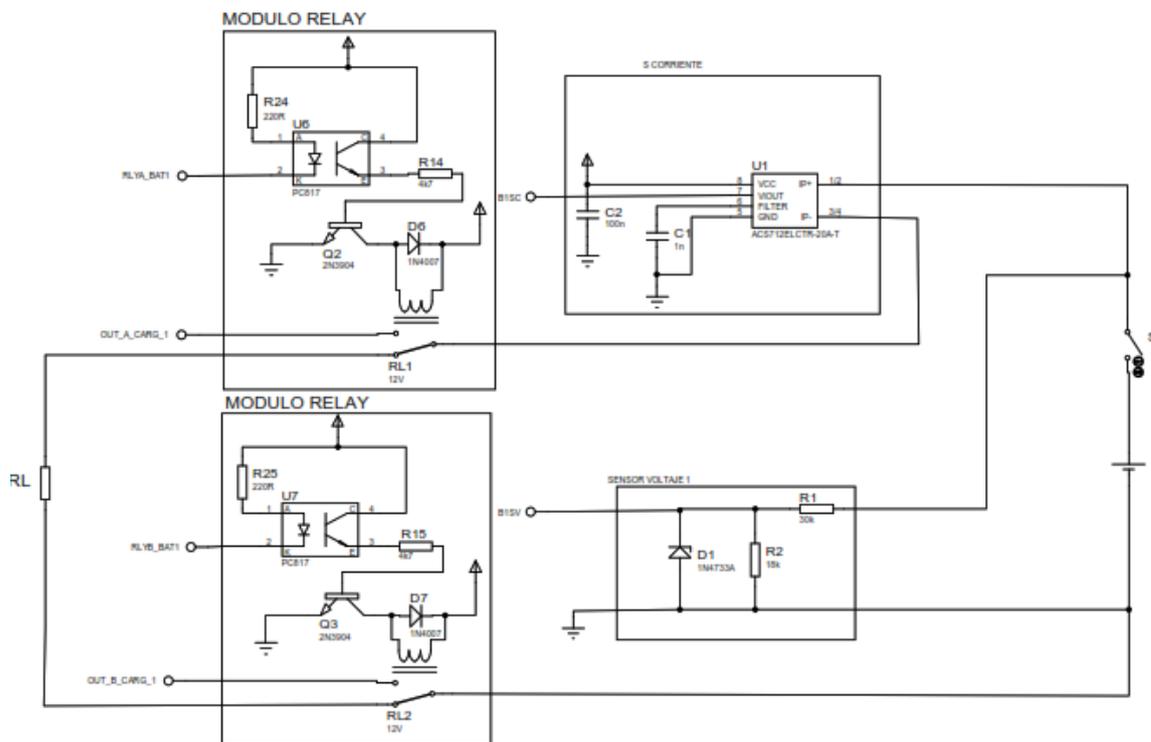


**Figura 10-2:** Conexión bloque de carga  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 2.7.3 Bloque de descarga

Las conexiones para la descarga se realizan a través de los terminales digitales mediante los cuáles conmutan con los módulos relés para cambiar el modo de operación a descarga, que consiste en conectar a una lámpara halógena mediante un circuito que garantiza el consumo de la batería con una corriente de 1 amperio. En este bloque se encuentran los sensores de corriente

y voltaje que están conectados a los terminales analógicos antes mencionados, para recopilar los datos necesarios tanto en la carga y descarga de la batería



**Figura 11-2:** Conexión bloque de descarga  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

## 2.8 Diseño del software para el banco para diagnóstico de baterías

Una vez revisada la información de los entornos de programación, se escoge *LabVIEW*, ya que es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos. La versión actual de *LabVIEW* es la 2021.

### 2.8.1 Requerimientos del software a desarrollar

Calcular la eficiencia coulombica.

Monitorear los parámetros de la batería, obtenidos por los sensores.

Graficar las curvas de carga y descarga.

## **2.9 Descripción del software de desarrollo**

### **2.9.1 Programa principal**

#### **Inicialización**

Se define las librerías math.h, EEPROM.h para el manejo de los cálculos y acceso a la memoria de la tarjeta Arduino Mega 2560.

Se declara las variables de almacenamiento tipo entero y flotante respectivamente; int Corriente, Voltaje; float i,v,dI,dV,R,Q; float Ro = 1e-3; Ro es la resistencia interna de la célula en el momento de la fabricación; float a,b; float capacity = capacidad\*3600; si la capacidad es de 4.5Ah entonces su valor en coulomb es 4.5\*3600. Además, float SOC, SOH, soc, soh.

Asignación de entradas analógicas para la lectura de los sensores de las celdas, respectivamente para voltaje y corriente.

Asignación de entradas y salidas digitales, para la utilización del interruptor de encendido y el selector de operación de carga y descarga de la batería.

Se declara variables de almacenamiento para los datos y cálculos a obtener, como corriente, voltaje, Estado de carga (SOC), Estado de salud (SOH) eficiencia coulombica.

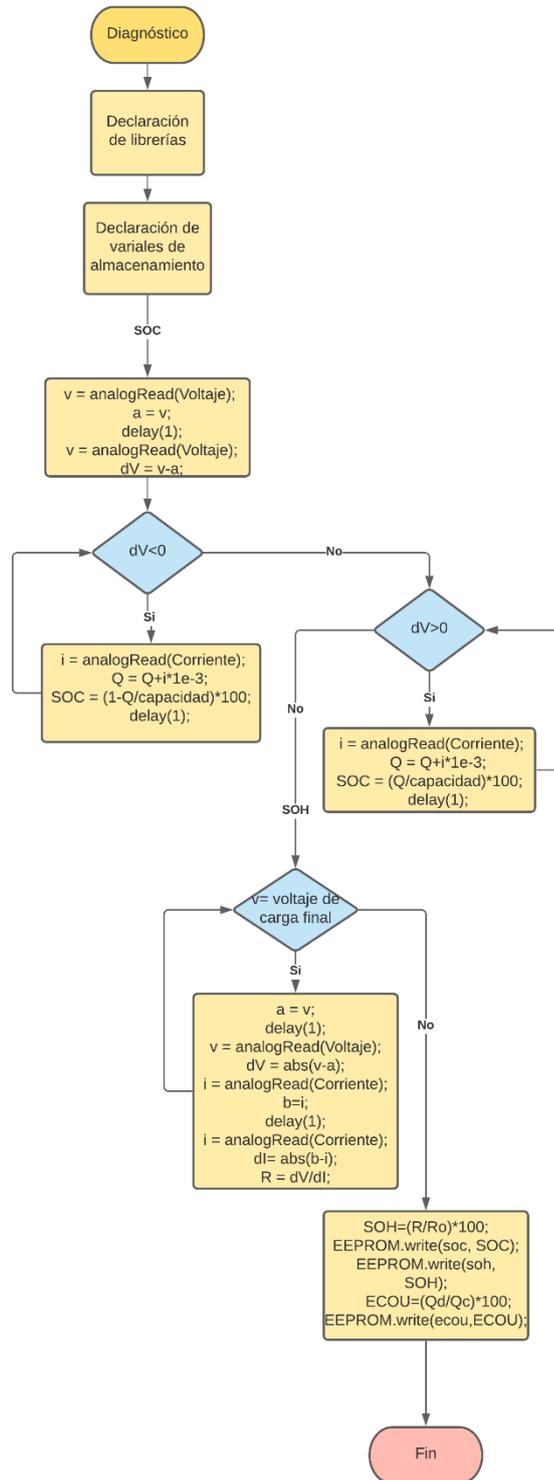
Inicialización del puerto serial.

#### **Bucle repetitivo**

Si se presiona el botón de inicio, empieza con la adquisición de datos, voltaje y corriente de las celdas, mediante la lectura del puerto serial con 8 bits de datos.

Si se presiona el botón calcular, se muestra la eficiencia coulombica, permitiendo ingresar los Culombios, rendimiento, SOC inicial y final.

### 2.9.2 Diagrama de flujo del programa principal

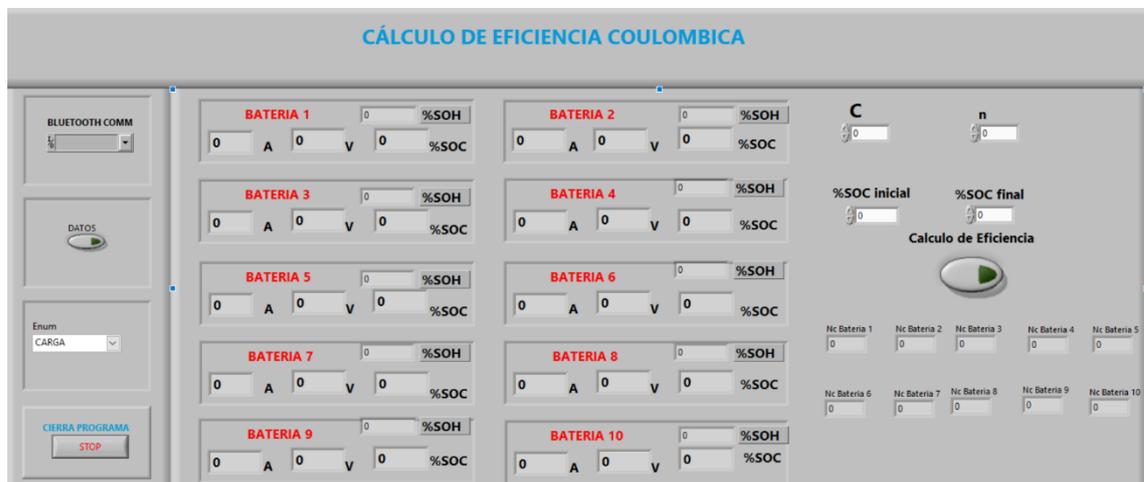


**Figura 12-2:** Diagrama de flujo del programa principal  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Se presenta el algoritmo denominado Diagnóstico en el cual se presenta el ciclo while loop para la obtención de los datos necesarios para el cálculo de la eficiencia coulombica, tomando en cuenta la capacidad de la batería en el momento de la carga y descarga respectivamente.

## 2.10 Interfaz gráfica

La interfaz realizada en el entorno de programación *LabVIEW*, consta de dos secciones sencillas e intuitivas en las que existen un selector del puerto serial de la tarjeta de desarrollo y un botón de Iniciar proceso, en el cual se inicia la adquisición de datos y al cálculo del estado de carga, en la segunda sección, se muestra la eficiencia coulombica, a través del ingreso de Coulombios, rendimiento, estado de carga inicial y final, mediante un segundo botón denominado “Cálculo”. Además de parar el proceso con el botón “Stop”.



**Figura 13-2:** Interfaz gráfica  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Pruebas del banco de diagnóstico de baterías

Las pruebas se realizaron con los requerimientos dispuestos por el Taller “Electromecánica Gamboa”, tanto para la carga y descarga de las mismas, con un valor de 1 amperio de corriente.

##### 3.1.1 *Batería Toyota Prius*

El *Toyota Prius* de segunda generación cuenta con un paquete de baterías de hidruro de níquel-metal que:

Tiene 28 módulos Panasonic

Incluye 168 celdas totales de 1,2 voltios (seis en cada módulo)

Produce 201,6 voltios

Se sienta detrás del asiento trasero

Pesa 53.5 kg (aproximadamente 118 libras)

Ofrece una potencia de descarga de 20 kW al 50 por ciento de estado de carga

Las capacidades de la batería disminuyen a temperaturas más bajas y aumentan a temperaturas más altas. El Prius cuenta con una computadora dedicada que mantiene la batería a una temperatura y nivel de carga óptimos. Un soplador de 12 voltios a lo largo del pozo del neumático trasero suministra a la batería aire frío de la cabina según sea necesario. (Toyota,2021)

Cómo se observa en la Tabla 1-3, el tiempo de carga y descarga para la batería es de 1,04 minutos y 1,02 minutos respectivamente, con un valor de corriente de 1 amperio.

**Tabla 1-3:** Carga y descarga de las baterías utilizadas

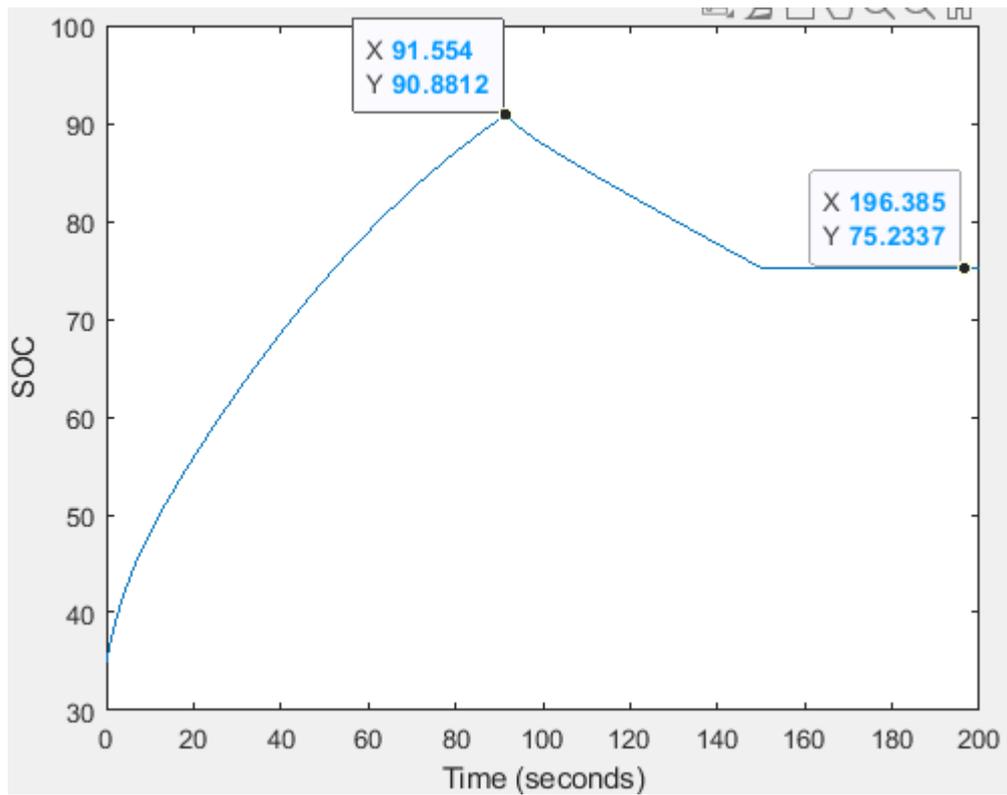
Tiempo (segundos)	SOC (%)			
	Toyota Prius	Toyota Highlander	Ford Escape	Honda Insight
0	35	30	40	75
3,15544E-30	35	30	40	75
6,31089E-30	35	30	40,0012	75
0,000368836	35,00076491	30,00044	40,00239	75,00027
0,000737672	35,00152978	30,00089	40,00359	75,00053
0,001106509	35,0022946	30,00133	40,00479	75,0008
0,00157128	35,00329904	30,00187	40,0063	75,00113
0,002036051	35,0043034	30,00241	40,00782	75,00146
0,002637481	35,00560888	30,0031	40,00973	75,0019
0,003238912	35,00691423	30,0038	40,01163	75,00233
0,003994986	35,00855733	30,00467	40,01403	75,00287
0,004751061	35,01020024	30,00554	40,01642	75,00341
0,005699829	35,01226039	30,00664	40,01946	75,0041
0,006648597	35,01432024	30,00773	40,0225	75,00478
0,00786122	35,01694624	30,00914	40,0265	75,00565
0,009073843	35,01957176	30,01054	40,03049	75,00652
0,010688703	35,02305103	30,01242	40,03612	75,00767
0,012303564	35,02652944	30,01429	40,04315	75,00883
0,014624052	35,03148324	30,01702	40,05249	75,01049
0,017580684	35,03774448	30,02051	40,06604	75,01261
0,021634249	35,04621528	30,02535	40,089	75,01551
0,027828488	35,05886741	30,03293	40,14463	75,01992
0,039519995	35,08163427	30,04794	40,38006	75,02824
0,080251201	35,14773366	30,11688	40,74805	75,05698
0,241260563	35,40818621	30,31349	41,2081	75,16705
0,474664295	35,77057037	30,58275	41,74851	75,3171
0,766825793	36,21729575	30,91036	42,27087	75,49038
1,058987292	36,73798381	31,29017	42,95703	75,64911
1,452066599	37,23941521	31,65002	43,61355	75,84251
1,845145907	37,89473148	32,10896	44,43198	76,0158
2,346328402	38,51915895	32,53852	45,20726	76,21222
2,847510897	39,29617053	33,06748	46,14419	76,38576
3,472438507	40,0292789	33,55799	47,0234	76,57647
4,097366117	40,91626973	34,15738	48,09579	76,7446
4,877881383	41,74617107	34,71065	49,09245	76,93059
5,658396649	42,76230676	35,36357	50,3208	77,09664
6,651124619	43,70626536	35,9699	51,45407	77,28751
7,643852588	44,87929523	36,68527	52,90039	77,4625

8,965468555	45,96602855	37,35929	54,23196	77,67953
10,55151434	47,29988052	38,1904	55,77709	77,92498
12,53110312	48,54486743	38,98673	57,2224	78,21802
15,13839617	50,03483192	40,0412	59,0027	78,59112
18,86918362	51,44849357	41,3052	60,6937	79,10943
25,17810905	53,27439382	42,9283	62,99735	79,95584
33,89483238	55,40183308	45,11112	65,81641	81,07287
42,61155571	58,02868211	47,23456	69,3913	82,1362
50	60,55210232	49,30439	72,73555	82,99995
50	62,9825382	51,32323	75,85955	82,99995
50	65,32381578	51,50576	78,77055	82,99995
58,71672333	67,57766133	51,50576	81,47605	83,97892
67,43344666	69,745256	51,50576	82,67796	84,91825
76,15017	71,8277387	53,47081	82,67796	85,82112
84,86689333	73,82631546	55,38781	82,67796	86,69018
93,58361666	74,03872221	57,25768	85,09674	87,52762
102,30034	74,03872221	59,08117	87,33163	88,33528
111,0170633	75,94598738	60,85887	89,39205	89,11477
119,7337867	77,77238471	62,59138	91,28794	89,86747
128,45051	79,51967187	64,27918	91,28794	90,59458
128,45051	81,18956644	65,92277	91,28727	90,59458
128,4511829	82,78398997	67,5226	91,28661	90,59416
128,4518558	84,30491601	69,07915	91,28595	90,59374
128,4525288	85,75440292	70,59286	91,28528	90,59332
128,4532017	87,13453269	72,06423	91,28462	90,59291
128,4540215	88,44751684	73,49373	91,28371	90,59239
128,4548412	89,69559658	74,88188	91,28261	90,59188
128,455661	90,88120585	76,2292	91,28121	90,59137
128,456736	90,88120585	77,53636	91,27931	90,5907
128,457811	90,88061762	78,80377	91,27648	90,59003
128,4591698	90,88002947	80,03204	91,27134	90,58919
128,4605286	90,87944139	80,03204	91,25617	90,58834
128,4623575	90,87885339	80,03149	91,1934	90,5872
128,4645737	90,87826547	80,03094	90,89217	90,58582
128,4673857	90,87746011	80,0305	90,32626	90,58408
128,4711779	90,87665489	80,03006	89,82509	90,58172
128,4768236	90,87550472	80,02952	89,23798	90,57821
128,486919	90,87403966	80,02897	88,7157	90,57194
128,5155832	90,87202762	80,02828	88,3893	90,55418
128,6335963	90,86893941	80,02759	88,3893	90,48173
129,2236618	90,86305269	80,02663	87,82539	90,13392

129,8137273	90,84156238	80,02546	87,27436	89,80797
129,8338854	90,74213561	80,02394	86,44218	89,7972
129,8338854	90,64483934	80,02181	85,62851	89,7972
130,3557589	90,18704547	80,01844	84,60609	89,5202
130,8776324	89,6157813	80,01154	83,59943	89,24683
132,1038145	89,1068775	79,97714	82,60402	88,61754
133,3299966	88,53076764	79,80778	81,61696	88,00472
134,5561787	88,35604381	79,22682	80,63629	87,40627
136,070981	88,35604381	78,69056	79,66064	86,68408
137,5857832	87,83448126	78,30044	78,68913	85,97814
139,4999108	87,324339	78,30044	77,72116	85,10556
141,4140383	86,50207143	77,81531	76,75629	84,25108
143,8135678	85,6995771	77,34169	75,7942	83,20052
146,2130973	84,71577255	76,61378	74,83465	82,16843
149,2623955	83,74892136	75,90622	73,87749	80,87762
150	82,79446387	75,21518	72,92258	80,56835
150	81,84929161	74,35568	71,96981	80,56835
150	80,9112885	73,51318	71,83533	80,56835
150,0009488	79,97896141	72,49759	71,83533	80,56835
150,0018976	79,05123049	71,49724	71,83533	80,56835
150,0028464	78,12736244	70,22642	71,83533	80,56835
150,0037952	77,20682807	68,97007	71,83533	80,56835
150,004744	76,28924197	67,24409	71,83533	80,56835
150,0059641	75,37432014	65,53443	71,83533	80,56835
150,0071841	75,23320003	63,83801	71,83533	80,56835
150,0087765	75,23320003	62,15312	71,83533	80,56835
150,0103689	75,23320003	60,47888	71,83533	80,56835
150,0126231	75,23320003	58,81485	71,83533	80,56835
150,0154703	75,23320003	57,16086	71,83533	80,56835
150,019326	75,23320003	55,51691	71,83533	80,56835
150,0251025	75,23320003	53,88311	71,83543	80,56835
150,0355657	75,23320003	52,2597	71,8355	80,56835
150,0665997	75,23320003	51,75834	71,83562	80,56835
150,1961776	75,23320003	51,75834	71,83568	80,56835
150,8440669	75,23320003	51,75834	71,83572	80,56835
152,9490174	75,23320003	51,75834	71,83575	80,56835
155,0539678	75,23320004	51,75834	71,83573	80,56835
157,1589183	75,23319885	51,75834	71,8357	80,56835
159,7219461	75,23318366	51,75834	71,8357	80,56835
162,2849739	75,23324603	51,75834	71,83568	80,56835
164,8480018	75,23333202	51,75834	71,83566	80,56835

168,1528054	75,23333202	51,75834	71,8357	80,56835
171,457609	75,2333462	51,75834	71,83572	80,56835
175,560609	75,23362594	51,75834	71,83574	80,56835
179,663609	75,23368699	51,75834	71,83575	80,56835
185,0357281	75,23372053	51,75834	71,83575	80,56834
190,4078472	75,23374297	51,75834	71,83576	80,56834
198,0442987	75,23373032	51,75834	71,83576	80,56834
207,7234511	75,23370689	51,75833	71,83576	80,56834
217,4026036	75,23370133	51,75835	71,83577	80,56834
227,0817561	75,23368319	51,75837	71,83577	80,56834
236,7609085	75,23367183	51,7584	71,83577	80,56833
246,440061	75,23366514	51,75842	71,83577	80,56833
256,1192135		51,75845	71,83577	80,56833
265,7983659		51,75847		80,56833
275,4775184		51,75851		80,56832
285,1566709		51,75853		80,56832
294,8358233		51,75856		80,56832
304,5149758		51,75857		80,56832
314,1941283		51,75856		80,56831
323,8732807				80,56831
333,5524332				80,56831
343,2315857				80,56831
352,9107381				80,56831
362,5898906				80,5683
372,269043				80,5683
381,9481955				80,5683
391,627348				80,5683
401,3065004				80,56829
410,9856529				80,56829
420,6648054				80,56829
430,3439578				80,56829
440,0231103				80,56829
449,7022628				80,56828
459,3814152				80,56828
469,0605677				80,56828
478,7397202				80,56828
488,4188726				80,56827
498,0980251				80,56827
500				80,56827

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Gráfico 1-3:** Carga y descarga batería Toyota Prius  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Como se muestra en el Gráfico 1-3, el estado inicial de carga es de 35 % y llega al estado de carga de 90 %.

En la siguiente Figura se muestra el banco de diagnóstico para la batería antes mencionada.



**Figura 1-3:** Banco de diagnóstico  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.1.2 *Batería Toyota Highlander*

La batería de hidruro de níquel-metal del *Highlander Hybrid*:

Cuenta con una carcasa de batería de metal

Cuenta con 30 módulos

Tiene 240 celdas totales de 1,2 voltios (8 en cada módulo)

Entrega 288 voltios a alto voltaje

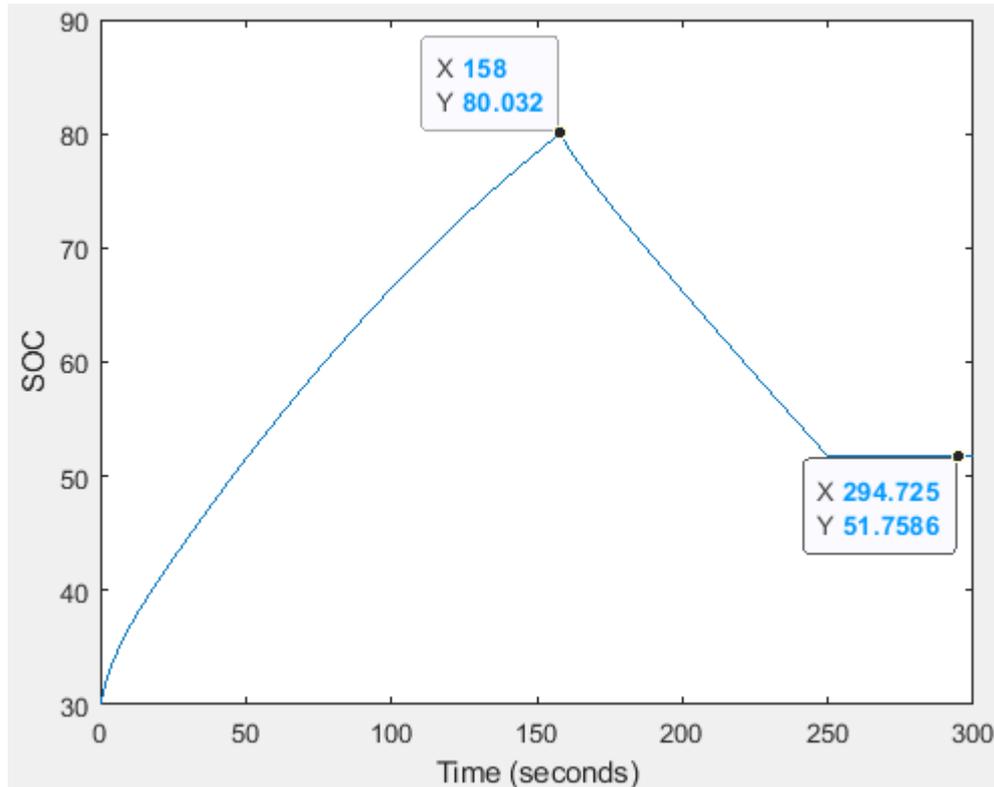
Proporciona voltaje variable de 280 a 650 voltios utilizando el convertidor de impulso

Es un 18 por ciento más pequeño que la batería prius

Se sienta debajo de los asientos traseros

Cada módulo de batería cuenta con su propio sistema de control para monitorear la batería y administrar la refrigeración. Esto gestiona el proceso de descarga y recarga para proporcionar al vehículo un nivel constante de energía.

Cómo se observa en la Tabla 3-2, el tiempo de carga y descarga es de minutos y minutos respectivamente, con un valor de corriente de 1 amperio. Con un estado inicial de carga de 30 %



**Gráfico 3-3:** Carga y descarga batería Toyota Highlander  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Como se muestra en el Gráfico 2-3, el estado inicial de carga es de 30 % y llega al estado de carga de 80 %.

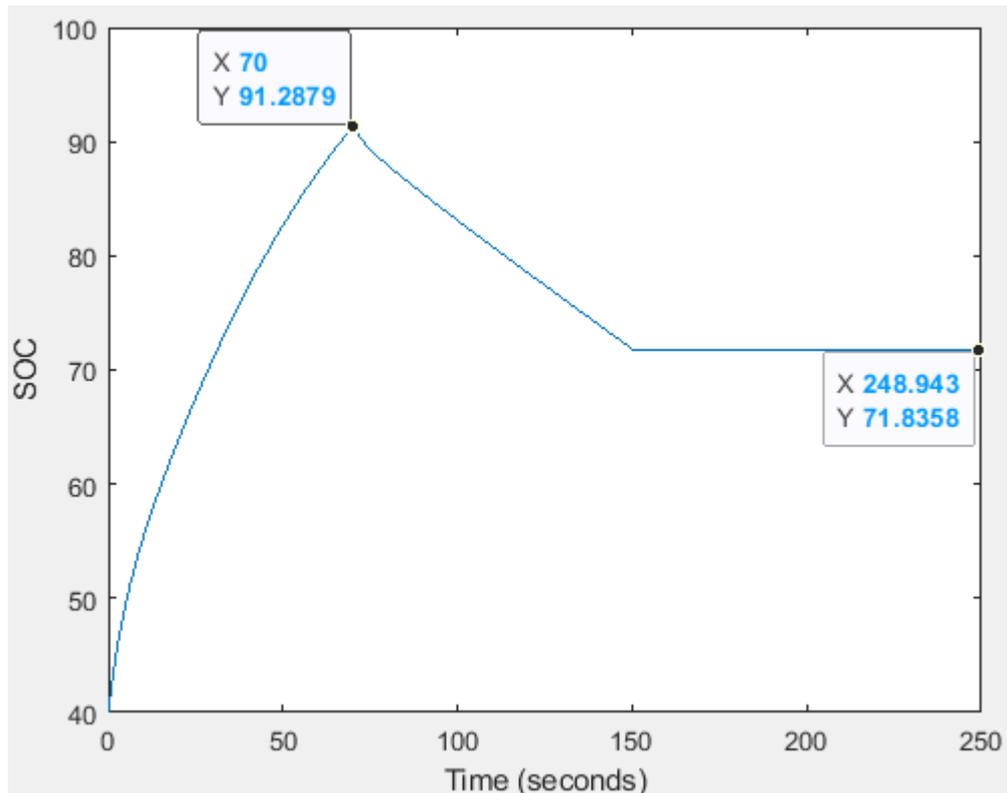
### 3.1.3 Batería Ford Escape

Cuenta con 250 celdas individuales de hidruro de níquel-metal en cajas de acero inoxidable

Produce 1,3 voltios de cada celda.

Organiza las celdas en 50 módulos que constan de cinco celdas cada uno.

Produce un voltaje total de 220 voltios.



**Gráfico 3-3:** Carga y descarga batería Ford Escape  
 Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Como se muestra en el Gráfico 3-3, el estado inicial de carga es de 45 % y llega al estado de carga de 90 %.

### 3.1.4 *Batería Honda Insight*

El paquete de baterías:

Cuenta con 120 células de hidruro de níquel-metal de Panasonic

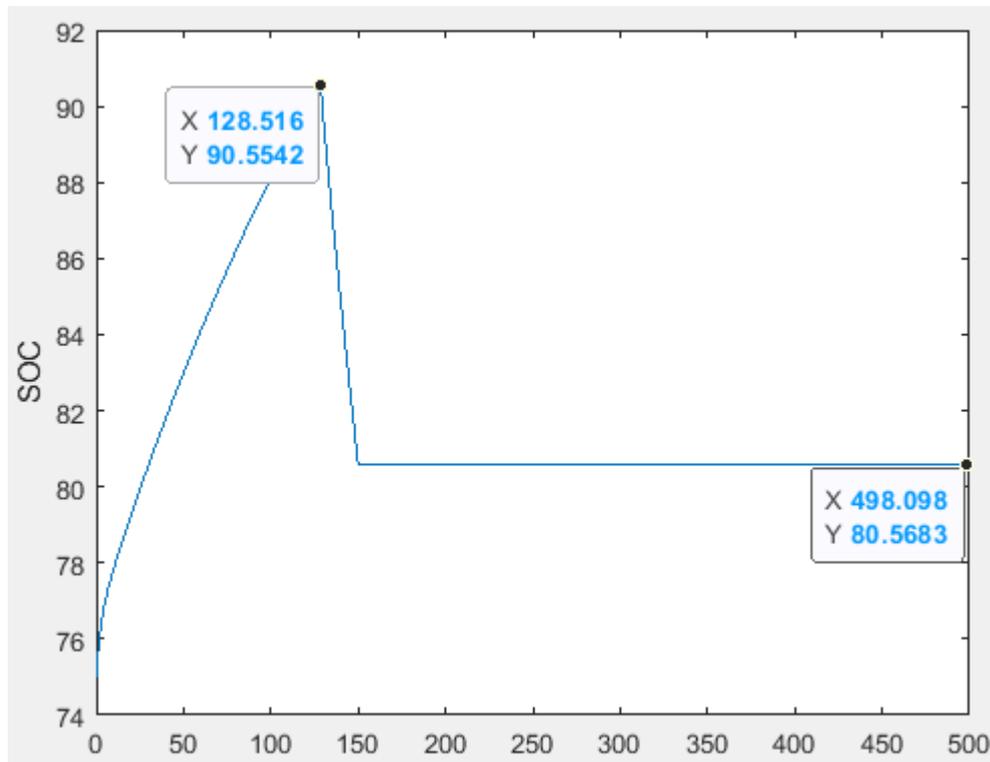
Produce 1,2 voltios de cada celda

Ofrece una descarga de 100A y una tasa de carga de 50A

Produce una potencia total de 144 voltios

Se encuentra debajo del piso del compartimento de carga

La tecnología que gestiona el sistema de baterías es la misma que la desarrollada para el coche eléctrico EV Plus.



**Gráfico 4-3:** Carga y descarga batería Honda Insight  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Como se muestra en el Gráfico 4-3, el estado inicial de carga es de 45 % y llega al estado de carga de 90 %.

### 3.1.5 Cálculo de la eficiencia coulombica

Para determinar la capacidad de la batería durante la carga y descarga se utiliza las siguientes fórmulas

**Ecuación 3-1:** Capacidad de una batería  
$$C = i \times t$$

Donde C es la capacidad en amperios hora (Ah), i la corriente y t el tiempo en horas.

Y con la Ecuación 2-1 mencionada en el Marco Teórico

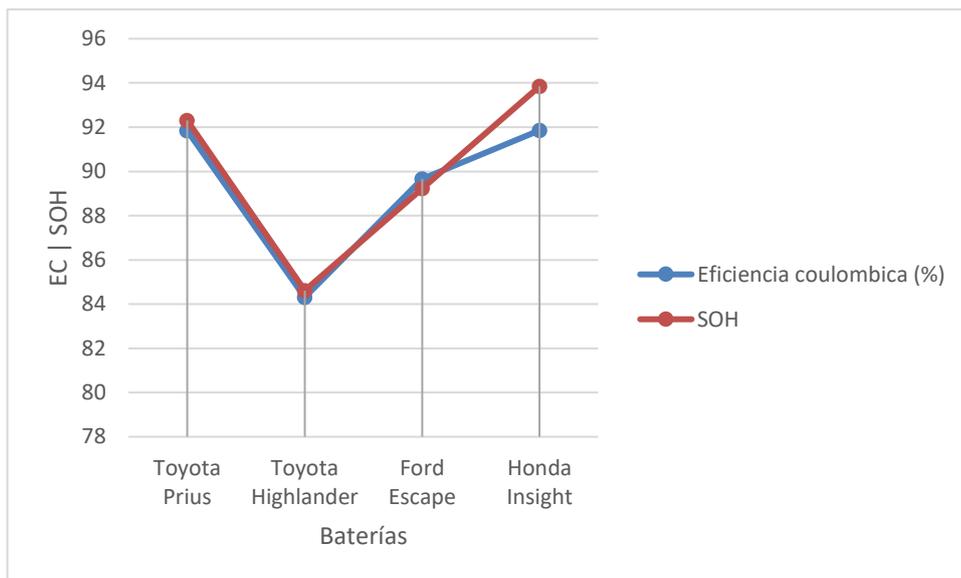
$$n = \frac{Ah \text{ descargados}}{Ah \text{ cargados}}$$

Con todos los datos recopilados anteriormente se calcula la eficiencia coulombica para cada una de las baterías utilizadas.

**Tabla 2-3:** Eficiencia coulombica y estado de salud

Baterías	tiempo de carga (s)	tiempo de descarga (s)	corriente (A)	Eficiencia coulombica (%)	SOH (%)	soc i	soc f
Toyota Prius	128,4557	117,9844	1	91,8483	92,3077	35	90,88120585
Toyota Highlander	128,4592	108,3017	1	84,3083	84,6154	30	80,0320436
Ford Escape	119,7338	97,66882	1	89,6555	89,2308	40	91,28793625
Honda Insight	128,4505	108,3104	1	91,856	93,8462	75	90,59458283

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Gráfico 5-3:** Eficiencia Coulombica y SOH

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

Con los datos de eficiencia coulombica y estado de carga se verifica el estado de salud de las baterías adquiridas como se indica en los recursos materiales más adelante.

Finalizado el diseño e implementación del banco de diagnóstico para baterías, se procede a realizar pruebas y comparaciones para validar el funcionamiento óptimo del mismo y luego determinar la eficiencia coulombica y el estado de carga, este apartado tiene la función de evidenciar todos los resultados generados por las pruebas.

### 3.2 Cronograma de actividades

**Tabla 3-3:** Cronograma

ACTIVIDADES	TIEMPO	MES																																									
		1							2							3							4							5							6						
		SEMANA																																									
		S																																									
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																		
Revisión bibliográfica		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Recopilación de información		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Visita Taller “Electromecánica Gamboa”, Análisis de parámetros, variables y condiciones de ambiente.								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																		
Selección de baterías.								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																		
Implementación e instalación del módulo de carga de baterías.								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																		
Implementación del módulo de descarga para el consumo de las baterías.								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																		
Diseño de la estructura del banco de diagnóstico para baterías.																																											
Factibilidad técnica y económica para la adquisición de materiales necesarios para la implementación del banco de diagnóstico para baterías.																																											
Realización de pruebas, correcciones del funcionamiento de carga y descarga.																																											
Validación del banco de diagnóstico para baterías																																											
Elaboración y corrección de borradores																																											
Redacción del trabajo final																																											
Defensa del trabajo Taller “Electromecánica Gamboa”																																											

**Realizado por:** (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.3 Estudio de costos

#### 3.3.1 Costos directos

En la siguiente tabla se enlista los costos que intervienen directamente en la implementación del prototipo.

**Tabla 4-3:** Costos directos de fabricación del prototipo

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
10	cargador XL4016	10
10	regulador 7805	2,8
20	capacitor 470 uF	0,6
10	capacitor 1 nF	3,6
60	capacitor 100 nF	2,8
20	capacitor 1000 uF	5
10	inductor 470 uH	5
10	Diodo MBR20100CT	1,2
30	Resistencia 2,2 K ohms	0,4
20	Resistencia 220 K ohms	0,4
10	Resistencias 430 ohms	0,4
10	Resistencia 100 ohms	0,4
10	Resistencia 1 M ohm	0,4
10	Resistencia 100 K ohms	0,4
10	Resistencia 4,7 K ohms	0,4
10	Resistencia 30 K ohms	0,4
10	Resistencia 18 K ohms	0,4
10	Resistencia 10 ohms	0,4
10	Triac TL431	5
20	Potenciómetros 10 K ohms	7
10	Diodo 1N4140	3,4
10	LM355	5
10	LED verde	0,5
10	LED azul	0,5
10	Transistor 2sd1820A	2,6
20	Transistor 2N3904	1,6
20	Diodo 1N4007	1
20	MOC PC817	5
10	Diodo 1N4733A	5
1	Switch	0,5
2	Arduino MEGA	36
	TOTAL	153,31

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.3.2 Costos indirectos

Se muestra los costos que intervienen indirectamente en la implementación del prototipo.

**Tabla 5-1:** Costos directos de fabricación del prototipo

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
10	metro cable UTP	5
1	acrílico	25
1	herramientas	40
1	Fuente de poder	50
1	Batería Prius	90
1	Batería Highlander	90
1	Bateria Ford Escape	90
1	Bateria Honda Insight	90
	TOTAL	480

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.3.3 Costos totales

En la tabla se visualizan los costos totales en la fabricación del prototipo.

**Tabla 6-3:** Costos totales

	Precio (USD)
Costos directos	1373,31
Costos indirectos	480
TOTAL	1853,31

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

## 3.4 Recursos materiales

### 3.4.1 Baterías

#### 3.4.1.1 Toyota Prius

El paquete de baterías consta de 28 módulos prismáticos plásticas. Generando un total de 201,6 voltios. Con un estado de salud del 90%. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones:

**Tabla 7-3:** Especificaciones módulos Batería Toyota Prius

Voltaje nominal	7,2 v
Capacidad nominal	6,5 Ah
Peso	1,04 Kg

Dimensiones (mm)	19,6 (profundidad)x106(ancho)x285(largo)
------------------	--

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Figura 2-3:** Batería Toyota Prius

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

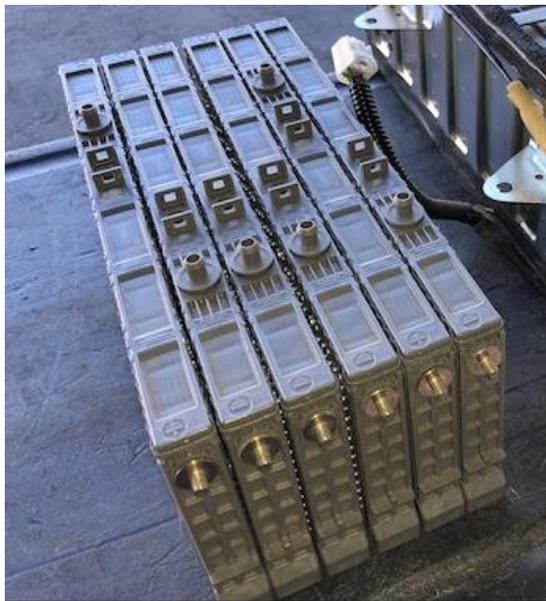
### 3.4.1.2 Toyota Highlander

La batería cuenta con 30 módulos, generando 288 voltios, con un estado de salud del 80%, en la siguiente tabla se muestran las especificaciones de cada módulo.

**Tabla 8-3:** Especificaciones módulos Batería Toyota Prius

Voltaje nominal	9,6 v
Capacidad nominal	6,5 Ah
Peso	72,57 Kg
Dimensiones (mm)	19,6 (profundidad)x106(ancho)x285(largo)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Figura 3-3:** Batería Toyota Highlander

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.4.1.3 Ford Escape

La batería cuenta con 50 módulos, generando 220 voltios, con un estado de salud del 80%, en la siguiente tabla se muestran las especificaciones de cada módulo.

**Tabla 9-3:** Especificaciones módulos Batería Ford Escape

Voltaje nominal	6,5 v
Capacidad nominal	6,5 Ah
Peso	72,57 Kg
Dimensiones (mm)	19,6 (profundidad)x106(ancho)x285(largo)

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Figura 4-1:** Batería Ford Escape

Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.4.1.4 Honda Insight

La batería cuenta con 20 módulos, generando 144 voltios, con un estado de salud del 90%, en la siguiente tabla se muestran las especificaciones de cada módulo.

**Tabla 10-3:** Especificaciones módulos Batería Honda Insight

Voltaje nominal	14,4 v
Capacidad nominal	6,5 Ah
Peso	25,85 Kg
Dimensiones (mm)	19,6 (profundidad)x106(ancho)x285(largo)

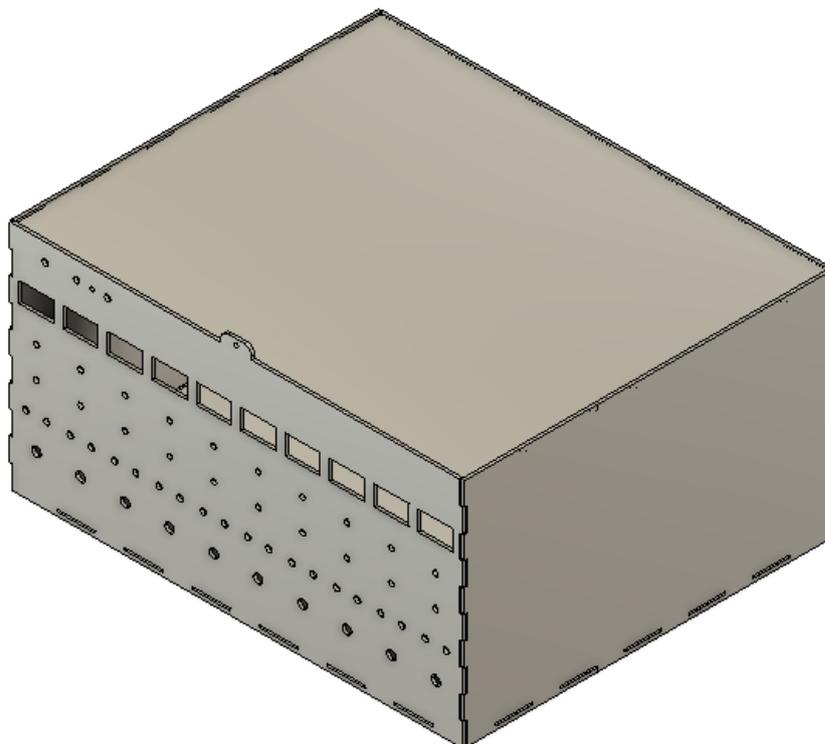
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)



**Figura 5-3:** Batería Honda Insight  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

### 3.4.2 *Diseño de la estructura del banco de diagnóstico para baterías*

Con la ayuda del software SolidWorks se desarrolló el diseño de la caja del banco de diagnóstico para baterías. En la parte frontal se muestra los orificios para los voltímetros, amperímetros, carga y descarga cada una con un orificio para su indicador respectivamente, de igual forma para las borneras de conexión.



**Figura 6-3:** Estructura banco de diagnóstico  
Realizado por: (Núñez y Ortiz, 2021)

## CONCLUSIONES

Al implementar un sistema de monitoreo para el banco de diagnóstico de baterías, el operario se beneficia directamente ya que al interactuar con la interfaz realizada en el entorno de programación LabVIEW que conecta la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA 2560 y el computador, se comprueba el estado de carga y la eficiencia coulombica de las celdas conectadas al prototipo, así como la salud de estas.

El método seleccionado para la estimación del estado de carga y salud de la batería, según los requerimientos del taller “Electromecánica Gamboa”, con la implementación del bloque de carga y descarga con voltaje y corriente ajustable, se ajustan al método de la integración de la corriente, el cuál con la ayuda del monitoreo antes mencionado facilita la recolección de los valores de corriente y voltaje, y tiempo en los procesos de carga y descarga.

Mediante el cálculo de la eficiencia coulombica se determina la eficiencia de la carga con la cual se transfieren los electrones en la batería generando una reacción electroquímica. La cual se puede calcular con el cociente entre la capacidad extraída cargada y la necesaria para volver al estado inicial.

Con las gráficas de las curvas de carga y descarga de las baterías, se visualiza los ciclos de carga para facilitar la comprensión de los datos, presentándolos de una manera más visual.

Para la correcta protección del prototipo del banco de diagnóstico para baterías, se diseñó una estructura en la cual permite observar los voltímetros, amperímetros, switches de encendido, operación, indicadores, y sus borneras respectivas, asegurando una conexión segura y mecánicamente fuerte.

## **RECOMENDACIONES**

Adquirir baterías que tengan una certificación válida de sus especificaciones en las que se incluyen el estado de carga inicial y el estado de salud de estas.

Para el diagnóstico de las baterías se debe realizar en un espacio que tenga correcta iluminación, ventilación y protección de anomalías eléctricas.

Resulta indispensable tomar en cuenta los parámetros y valores máximos de funcionamiento para las variables en los procesos de carga y descarga de las baterías, para evitar daños en las mismas, así como seguir las medidas de protección o información más detallada proporcionada por el fabricante.

## BIBLIOGRAFÍA

**AHMED, Ryan; et al.** “Reduced-order electrochemical model parameters identification and state of charge estimation for healthy and aged Li-ion batteries—Part II: Aged battery model and state of charge estimation”, IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 2, no. 3 (2014), (Canada) pp. 678-690.

**AYUB, Novie.** SOC Estimation Based on OCV for NiMH Batteries Using an Improved Takacs Model.[En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría) Universidad de Korea, Chungbuk, Korea. 2010. pp. 2-5. [Consulta: 2020-11-25]. Disponible en: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201019451500667.page>

**CONTRERAS, Boulet; & EMILIO, Fernando.** Simulación de cargador compacto de vehículos eléctricos para operación en redes trifásicas y capacidad Vehicle-to-Grid (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica. (Santiago de Chile). 2021. pp. 20-24.

**FOURLAS, George; et al.** “A Survey on Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control Methods for Unmanned Aerial Vehicles”, Machines, (2021), vol. 9, no 9, pp. 197-201.

**GARCIA, Gonzalo.** *Híbridos y eléctricos ecotecnología de vehículos* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2021]. Disponible en :<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/2019-nivel-mundial-vehiculos-combustion-redujeron-ventas-47/20200120201649032677.html>.

**GOODENOUGH, Jhon.** *For the development of lithium-ion batteries*. Barcelona. Edicions 62, 2019. pp. 50-55.

**HASHEMI, Seyed; et al.** “Fast fault diagnosis of a lithium-ion battery for hybrid electric aircraft. En ASME Power Conference”, American Society of Mechanical Engineers, (2018). (London) pp. 35-38.

**JEREZ, Daniela & PUENTE, Edwin.** "Análisis del proceso de recuperación de la batería de alta tensión del vehículo Hyundai Sonata híbrido". Research Journal. [en línea], 2018. (Ecuador) 10(3). p.302-307. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.905>

**KIM, Taesic; et al.** “A multicell battery system design for electric and plug-in hybrid electric vehicles”, IEEE International Electric Vehicle Conference, (2012), (Murdoch) pp. 1-7.

**LEE, Jong-Hyun; & LEE, In-Soo.** “Lithium Battery SOH Monitoring and an SOC Estimation Algorithm Based on the SOH Result”, *Energies*, (2021), vol. 14, no 15, pp. 45-48.

**LOGGIA, Riccardo; et al.** “A Hybrid Energy Hub Investigation with Renewables and Electric Vehicle in a Smart Microgrid Lab”, IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, (2021), (Italia) pp. 1-7.

**LÓPEZ, Antonio; et al.** “Comparative risk assessment of vehicle maintenance activities: Hybrid, battery electric, and hydrogen fuel cell cars”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, (2015), vol. 47, (España) p. 53-60.

**MANTILLA, Oscar & RESTREPO, Julian.** *El carro colombiano* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.elcarrocolombiano.com/industria/colombia-es-el-pais-que-mas-vende-carros-electricos-en-america-latina/>.

**MAR, Manuel; et al.** “Cyber-Physical Review of a Battery Electric Vehicle Power Train: Vulnerabilities and Challenges”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America), (2021). (Perú) pp. 1-5.

**MARTIL, Ignacio.** *Material eléctrico* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2021]. Disponible en: <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/01/11/como-son-las-baterias-de-ion-litio/>.

**MORALES, Alma Martínez.** *Los vehículos híbridos y eléctricos impactan el futuro del sector automotriz global* [blog]. [Consulta: 4 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.aeade.net/los-vehiculos-hibridos-y-electricos-impactan-el-futuro-del-sector-automotriz-global/>

**MURNANE, Martin, & GHAZEL, Adel.** A closer look at state of charge (SOC) and state of health (SOH) estimation techniques for batteries [en línea].(Trabajo de titulación). (Maestría) University of Lomerik, Carthage, Tunisia. 2017. pp. 426-436. [Consulta: 2020-07-23]. Disponible en: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/technical-articles/a-closer-look-at-state-of-charge-and-state-health-estimation-techniques.pdf>

**NELSON, R.** "Power requirements for batteries in hybrid electric vehicles". Journal of power sources [en línea]. 2000.(United State of America) 91(1), pp. 18-26. [Consulta: 15-11-2021]. ISSN 2000-320X. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0378-7753\(00\)00483-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(00)00483-3)

**OILRPICE** "Las ventas latinoamericanas de vehículos eléctricos suben un 90 %". World energy trade [en línea]. 2019, (España) 10(1). p. 201-207. [Consulta: 20 agosto 2020]. ISSN 2019-7807. Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/las-ventas-latinoamericanas-de-vehiculos-electricos-suben-un-90>.

**POLLET, Bruno; et al.** "Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects". Electrochimica Acta, nº 84 (2012), (United Kingdom) pp.235-249.

**REN, Guizhou; et al.** "A variable-voltage ultra-capacitor/battery hybrid power source for extended range electric vehicle", Energy, (2021), vol. 231, (China) pp. 120-125.

**ROMERO, Tatiana.** *Ciencia al descubierto* [blog], 2021. [Consulta: 19 noviembre 2021]. Disponible en: <http://transicionenergetica.ineel.mx/Revista.mvc/CD4n2v1>.

**SADHUKHAN, Chandrani; et al.** "Fault diagnosis of a nonlinear hybrid system using adaptive unscented Kalman filter bank", Engineering with Computers, (2021), (United State of America) pp. 1-12.

**SCHWEIGHOFER, Bernhard; et al.** "Modeling of high power automotive batteries by the use of an automated test system". IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 52, no. 4 (2003), (Austria) pp. 1087-1091.

**TIMMERMANS, Joseph; et al.** "How to model a battery, is a source and a resistor enough?", Workshop EPE Conference, vol. 2, no. 1 (2015), (Geneva) pp. 18-25.

**TOMASOV, Marian; et al.** "A mathematical model for lead-acid batteries", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 7, no. 1 (2019), (Slovakia) pp. 93–98.

**YU, Ming; et al.** "Computational intelligence-based prognosis for hybrid mechatronic system using improved wiener process", Actuators. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, (2021). pp. 213.

# ANEXOS

## Anexo A: Hoja de datos del Cargador XL4016

**XLSEMI** Datasheet

**12A 180kHz 40V Buck DC to DC Converter XL4016**

**Features**

- Wide 8V to 36V Input Voltage Range
- Output Adjustable from 1.25V to 32V
- Maximum Duty Cycle 100%
- Minimum Drop Out 0.2V
- Fixed 180kHz Switching Frequency
- 12A Constant Output Current Capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 98%
- Excellent line and load regulation
- Built in thermal shutdown function
- Built in current limit function
- Built in output short protection function
- Available in TO220-GL package

**General Description**

The XL4016 is a 180 kHz fixed frequency PWM buck (step-down) DC/DC converter, capable of driving a 12A load with high efficiency, low ripple and excellent line and load regulation. Requiring a minimum number of external components, the regulator is simple to use and include internal frequency compensation and a fixed-frequency oscillator.

The PWM control circuit is able to adjust the duty ratio linearly from 0 to 100%. An over current protection function is built inside. When short protection function happens, the operation frequency will be reduced from 180kHz to 49kHz. An internal compensation block is built in to minimize external component count.

**Applications**

- LCD Monitor and LCD TV
- Portable instrument power supply
- Telecom / Networking Equipment



Figure 1. Package Type of XL4016

Rev 1.4 1 www.xlsemi.com

**XLSEMI** Datasheet

**12A 180kHz 40V Buck DC to DC Converter XL4016**

**Pin Configurations**

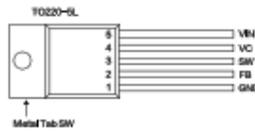


Figure 2. Pin Configuration of XL4016 (Top View)

**Table 1 Pin Description**

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin. Care must be taken in layout. This pin should be placed outside of the Schottky Diode to output capacitor ground path to prevent switching current spikes from inducing voltage noise into XL4016.
2	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW). SW is the switch node that supplies power to the output.
4	VC	Internal Voltage Regulator Bypass Capacity. In typical system application, The VC pin connect a 1µf capacitor to VIN.
5	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL4016 operates from a 8V to 36V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitable large capacitor to eliminate noise on the input.

Rev 1.4 2 www.xlsemi.com

**XLSEMI** Datasheet

**12A 180kHz 40V Buck DC to DC Converter XL4016**

**Function Block**

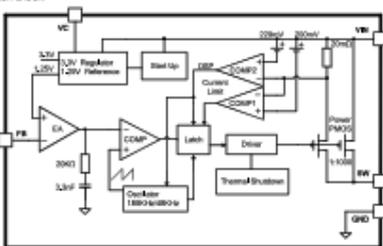


Figure 3. Function Block Diagram of XL4016

**Typical Application Circuit**

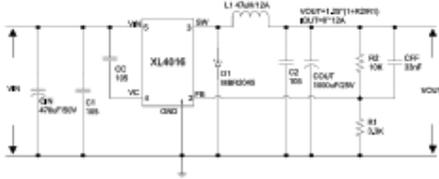


Figure 4. XL4016 Typical Application Circuit (VIN=8V-36V, VOUT=5V/12A)

Rev 1.4 3 www.xlsemi.com

**XLSEMI** Datasheet

**12A 180kHz 40V Buck DC to DC Converter XL4016**

**Ordering Information**

Order Information	Marking ID	Package Type	Packing Type Suggested As
XL4016E1	XL4016E1	TO220-GL	Tube

XLSEMI's free products, as designated with "E1" suffix in the part number, are RoHS compliant.

**Absolute Maximum Ratings (Note 1)**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	-0.3 to 40	V
Feedback Pin Voltage	V <sub>FB</sub>	-0.3 to 7	V
Output Switch Pin Voltage	V <sub>SW</sub>	-0.3 to V <sub>IN</sub>	V
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	Internally limited	mW
Thermal Resistance (TO220-GL) (Junction to Ambient, No HeatSink, Free Air)	R <sub>JA</sub>	30	°C/W
Operating Junction Temperature	T <sub>J</sub>	-40 to 125	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-55 to 150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	T <sub>LEAD</sub>	260	°C
ESD (HBM)		>2000	V

**Note:** Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

Rev 1.4 4 www.xlsemi.com

**Anexo B:** Estructura del Banco de diagnóstico de baterías

Parts List				
Item	Qty	Part Number	Description	Material
1	1	Component1		Steel
2	2	Component2		Steel
3	1	Component3		Steel
4	2	Component4		Steel

Dept.	Technical reference	Created by <b>Steven Nuñez</b> 22/11/2021	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Estructura banco</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>

# Anexo C: Ficha Técnica Toyota Prius



## Modelo de 2004 2ª generación Guía de respuesta ante emergencias



© 2004 Toyota Motor Corporation.  
Todos los derechos reservados. Este documento no se puede  
reproducir sin el permiso por escrito de  
Toyota Motor Corporation.  
HYBRID Synergy Drive™ (12-10004)

### Prefacio

En mayo de 2008, Toyota lanzó al mercado la 1ª generación del vehículo híbrido de gasolina y eléctrico Toyota Prius en el mercado del Norte. Se vendieron aproximadamente 56.000 Prius de la 1ª generación (modelo del año 2004 - 2008). Para fomentar y ayudar a los servicios de emergencia en el mundo seguro de la tecnología híbrida del Prius de 1ª generación, Toyota publicó la Guía de respuesta ante emergencias del Prius (Número de referencia: 2008-001-041).

Con el lanzamiento de la 2ª generación del Prius en octubre de 2003, se publicó esta nueva Guía de respuesta ante emergencias del Toyota Prius de 2004 para los servicios de emergencia. Para que los países de las emergencias usen también el modelo de la 1ª generación, los servicios de emergencia deben reconocer y comprender las nuevas características introducidas en la 2ª generación del Prius que se trata en esta guía.

### Nuevas características de la 2ª generación del Prius

- Actualización completa del modelo con un nuevo diseño del exterior y del interior.
- Adaptación del nombre Hybrid Synergy Drive para el sistema híbrido de gasolina y eléctrico Toyota.
- El sistema Hybrid Synergy Drive incluye un convertidor elevador en el conjunto del motor que aumenta la tensión disponible para el motor eléctrico hasta los 200 V.
- El convertidor elevador permite reducir la tensión de la batería del vehículo híbrido de alta tensión a 201 V.
- Se ha añadido un convertidor del tipo accionamiento que funciona con un motor eléctrico de alta tensión de 200 V.
- Nuevo sistema de operación del cambio de la transmisión automática.
- Se ha eliminado el interruptor de encendido convencional para incluir un nuevo sistema de llave electrónica (de serie) o un sistema (opcional) de llave y sistema con llave electrónica (opcional).
- Asientos Frontales, Airbag laterales para los pasajeros delanteros (opcional) y air bag de cabeza para los pasajeros delanteros y traseros (opcional).

La seguridad es crucial y la correcta de alta tensión continúa siendo un factor importante en el manejo de emergencia del sistema Hybrid Synergy

Drive del Prius. Mantenga siempre reconocidos y comprenda los procedimientos de desactivación y las advertencias presentes a lo largo de esta guía.

Entre los temas adicionales recogidos en esta guía se incluyen:

- Identificación del Toyota Prius.
- Ubicaciones y descripciones de los componentes principales del sistema Hybrid Synergy Drive.
- Información acerca del sonido, los ruidos, vibración y respuesta de emergencia silenciosas.
- Información de asistencia en carretera.



Seguindo la información de esta guía, los servicios de emergencia deberán poder realizar un rescate seguro en un vehículo híbrido Prius de 2ª generación.

**Nota:**  
Las Guías de respuesta ante emergencias para otros vehículos híbridos de combustible alternativo (Prius) se pueden consultar en <http://toyota.com>.

Índice	Páginas
Acceso del Prius	1
Identificación del Prius	2
Ubicación y descripción de los componentes del sistema Hybrid Synergy Drive	4
Llave electrónica	6
Sistema inteligente de arranque y arranque con llave electrónica (equipamiento opcional)	8
Selector electrónico de la palanca de cambio	18
Funcionamiento del sistema Hybrid Synergy Drive	11
Batería del vehículo híbrido (HV) y batería auxiliar	12
Modos de seguridad para alta tensión	13
Airbag SRS y prestaciones del sistema de seguridad	14
Respuesta de emergencia	19
Resaca	15
Resaca	22
Resaca general	23
Resaca y recarga de la batería HV de NIMH	23
Resaca	25
Resaca accident	24
Resaca	24
Asistencia en carretera	28

### Acceso del Prius

El Toyota Prius continúa siendo un 2ª generación en vehículo híbrido de gasolina y eléctrico. El sistema híbrido de gasolina y eléctrico se ha denominado Hybrid Synergy Drive. Hybrid Synergy Drive quiere decir que el vehículo contiene un motor de gasolina y otro eléctrico para propulsión. El vehículo cuenta con dos fuentes de almacenamiento de energía a bordo:

- Gasolina almacenada en el depósito de combustible para el motor de gasolina.
- Electricidad almacenada en una batería para vehículo híbrido (HV) de alta tensión para el motor eléctrico.

El resultado de combinar estas dos fuentes de almacenamiento es un motor consume de combustible y una subserie en las emisiones. El motor de gasolina alimenta también un generador eléctrico para recargar la batería, el contrario de lo que sucede en un vehículo totalmente eléctrico, el Prius no necesita recargar desde una fuente de alimentación eléctrica externa.

En función de las condiciones de conducción, se utilizará una o ambas fuentes para impulsar el vehículo. En la siguiente ilustración se demuestran cómo funcionan el Prius en varios modos de conducción.

- Después de acelerar suave a bajas velocidades, el vehículo es propulsado por el motor eléctrico. El motor de gasolina está apagado.
- Después de acelerar fuertemente, el vehículo es propulsado principalmente por el motor de gasolina. El motor de gasolina también se utiliza para recargar la batería.



- En aceleraciones a todo gas como, por ejemplo, al salir una pendiente, el vehículo es propulsado tanto por el motor de gasolina como por el eléctrico.
- Después de la aceleración, como por ejemplo al frenar, el vehículo recupera la energía cinética de los ruidos del motor para producir electricidad y recargar la batería.
- Cuando el vehículo detiene el motor de gasolina y el eléctrico están apagados, se obtiene el vehículo por un tiempo inerte y silencioso.





# Anexo F: Ficha Técnica Honda Insight

Honda  
**INSIGHT** 2021  
FICHA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS DE INGENIERÍA FOCALES DEL SISTEMA	INSIGHT
Sistema híbrido	Sistema híbrido a gasolina 2.0 litros en línea 4 cilindros con 1.8 litros de batería EVDC, e-FCV y motor eléctrico
Potencia máxima (kW) del sistema	152 kW
Fuerza máxima total del sistema	70 Nm/kW
Consumo de combustible (ANC)	*
Sistema Eco Assist™	*

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR A GASOLINA	INSIGHT
Motor de Inyección de Múltiple	Motor Atkinson de 4 cilindros en línea de 2.0 litros de cilindrada 1800 cc con 16V i-VTEC
Potencia motor gasolina	92 kW @ 6300 rpm
Fuerza motor gasolina	193 Nm @ 3300 rpm

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO (MOTOR ELÉCTRICO + UNIDAD DE CONTROL)	INSIGHT
Motor eléctrico (kilowatt) Multi-Mode Drive	Motor Insight Multi-Mode Drive
Potencia motor eléctrica-unidad de control	152 kW @ 6300 rpm
Fuerza motor eléctrica-unidad de control	70 Nm/kW @ 3300 rpm

TRANSMISIÓN	INSIGHT
Palanca de control selectivo de energía	*
Transmisión electrónica de velocidad Continuously Variable Drive (e-CVT) Dual In-Phase	*
Selección con los modos de motor Eco Sport, EV	*

SUSPENSIÓN, CHASIS Y DIRECCIÓN	INSIGHT
Bases estabilizadoras delanteras y traseras	*
Dirigido de grado (steering)	RSR
Dirección G-Steering de pñón y columna con Asistencia (Steering Assist)	*
Neumáticos de situación compuesta	*
Neumáticos y rines de aluminio	20" (opcional)
Suspensión independiente en los cuatro ejes, suspensión de torsión trasera delantera y trasera	*

CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	INSIGHT
Sistema de asistencia de integración de Sistema de Conservación de Carril (LSC) Road Departure Mitigation System	*
Sistema de Asistencia de Mirada Ajena (Drowsy Driving Mitigation)	*
Sistema de Asistencia para Arranque en Pendiente (HSA)	*
Sistema de Conservación de Carril (LSC) Lane Keep Assist	*
Sistema de Monitoreo de Puntos Ciegos de Neumáticos (RPM)	*
Sistema Mitigación de Colisión con Frenado (CMBS) Collision Mitigation Braking System	*
Sistema de selección de freno automático (Auto Hold)	*

CARACTERÍSTICAS EXTERIORES	INSIGHT
Español retrovisor lateral eléctrico a calor de autonomía Espejo director de LED	*
Faros de LED tipo proyectores con función de autopropulsión y autocalentamiento	*
Luces de Marcha Diurna (DRL) LED	*
Luces traseras con LED	*
Luz en disco de carga	*
Manillar de apertura con LED integrado	*
Panel de instrumentos	Color
Iluminación interior de tres posiciones de un solo toque con selección de intensidad	*

CARACTERÍSTICAS INTERIORES: COMODIDAD Y CONVENIENCIA	INSIGHT
Consola central con doble portavasos, compartimento de almacenamiento refrigerado, espacio de 12 puertos y 2 USB (2.0/USB-A) de carga rápida	*
Control automático de velocidad de crucero adaptativo con freno en el volante	*
Control de rueda con manillar en el volante	*
Desconexión freno centralizable con doble palancas	*
Desconexión freno	*
Iluminación de vitales eléctricas con función automática de apertura de un solo toque para conductor y copiloto con selección de intensidad	*
Español retrovisor interior con ajuste manual día y noche	*
Español de vitales en vitales con luz para conductor y copiloto	*
Intercambio inalámbrico para teléfonos móviles con tecnología Bluetooth™	*
Sistema de control de clima automático independiente de doble zona para conductor y copiloto, con sistema de filtrado de aire	*
Sistema de asistencia inteligente en Blue (Smart Entry System)	*
Sistema de asistencia del motor de Blue con botón (Smart Start Engine)	*

DIMENSIONES EXTERIORES	INSIGHT
Altura total (milímetros)	1,582
Ancho total (milímetros)	1,885
Ancho entre ejes delantero / trasero (milímetros)	1,047 / 1,044
Distancia entre ejes (milímetros)	2,750
Largo total (milímetros)	4,645
Peso vehicular (kilogramos)	1,299
Capacidad del tanque de combustible (litros)	48

DIMENSIONES INTERIORES	INSIGHT
Espacio de apertura de techo delantero / trasero (milímetros)	953 / 938
Espacio para codos delantero / trasero (milímetros)	1,344 / 1,282
Espacio para hombros delantero / trasero (milímetros)	1,444 / 1,397
Espacio para piernas delantero / trasero (milímetros)	1,324 / 1,445
Volumen máximo de carga de la capota (litros)	237

CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	INSIGHT
Alerta de atención al conductor	*
Asistencia de estabilidad controlada (VSA) con control de tracción	*
Bloqueo de ABS (ABS) para conductor y copiloto	*
Bloqueo de control de estabilidad de doble etapa (ESC) para conductor y copiloto	*
Bloqueo de control de frenos (BCM) para pasajeros delanteros y traseros	*
Cierre de seguridad automática sensible a los vehículos	*
Control de Velocidad Crucero Adaptativo (ACC)	*
Reinversión de la corriente de frenado de Computación Avanzada (ACF) II	*
Frenos de disco ventilados en los cuatro ejes delanteros y traseros con Sistema de Frenado de Frenos (ABS)	*
Función de seguimiento a baja velocidad (LSF) Low-Speed Follow	*
Peso de mano eléctrica (electro) Parking Brake (EB)	*
Monitor de asistencia de cambio de carril (LSC) Honda LaneWatch™	*
Monitor de cámara de visión con 3 ángulos de visión y puntos de visión recesados en pantalla	*
Sistema Automático de Luces Altas (Auto High-Beam)	*
Sistema Electrónico de Distribución de Frenado (EBD)	*
Sistema de dirección y amparo para freno de disco (EPS) en cuatro ejes	*

Válvula con ajuste manual de altura y profundidad	*
Válvula de freno con pedal	*

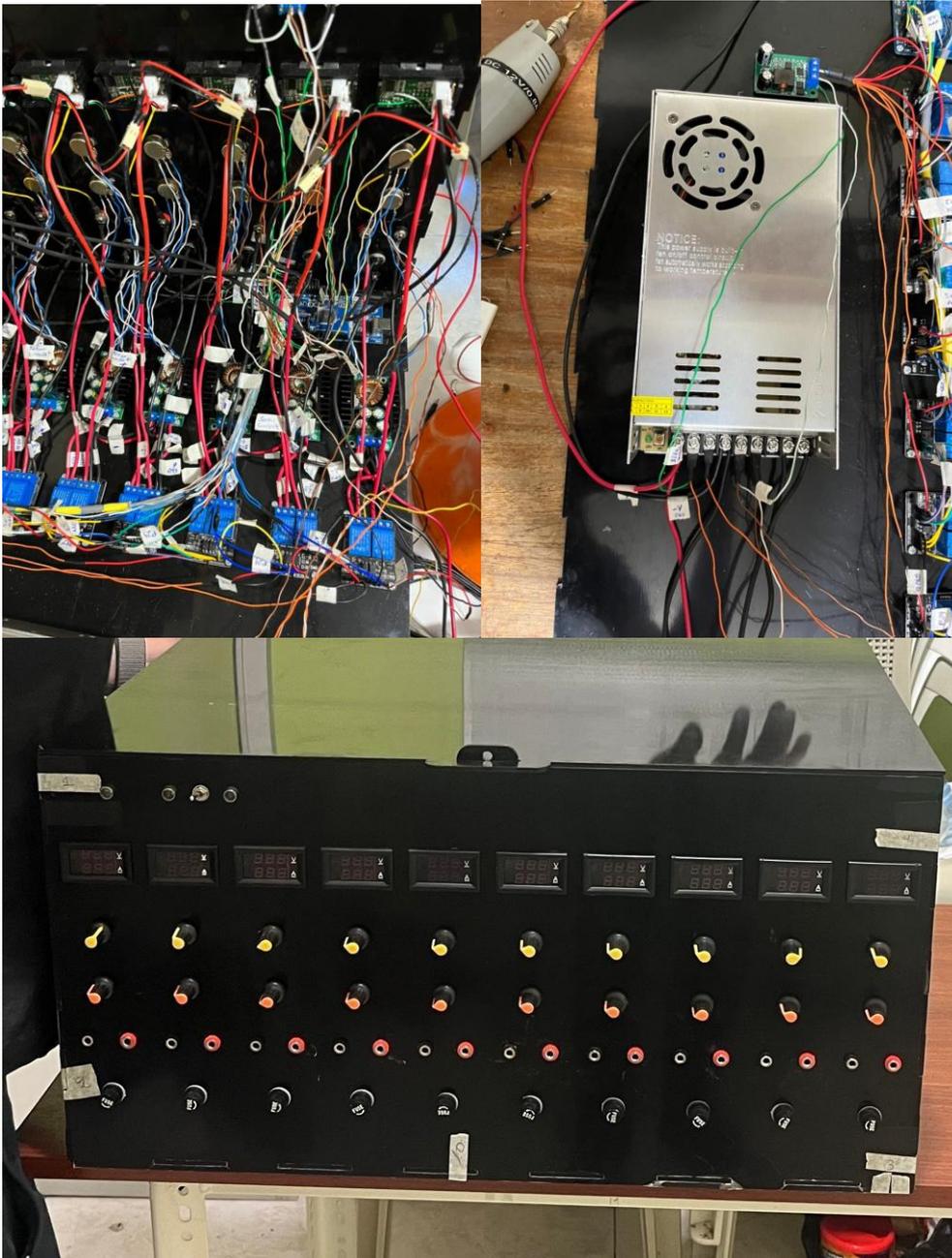
ASENTOS	INSIGHT
Asiento del conductor con ajuste eléctrico de ocho vías	*
Asiento del copiloto con ajuste eléctrico de cuatro vías	*
Asiento trasero abatible 60/40	*
Capacidad para pasajeros	5
Verdadero de asientos con pedal	*

AUDIO Y COMUNICACIÓN	INSIGHT
Antena de radio tipo bobina de cable de la consola	*
Interfaz de audio USB compatible con dispositivos de almacenamiento	*
Conexión inalámbrica de Asistencia (AAC) (e-Link) a cable de 3.5 mm montada en fábrica con información disponible del sistema de audio, HondaLink™, visión de la cámara de visión compatible con Apple CarPlay y Android Auto	*
Reproducción de audio inalámbrico*	*
Sistema de audio con radio AM/FM con capacidad de reproducción MP3 y WMA con 8 bocinas	*
Tercer de asientos delanteros de 12V y conexión USB para smartphones	*

INSTRUMENTOS	INSIGHT
Tablero central digital con función Meter on a page™ y pantalla de información (MID) de 7 pulgadas que muestra los niveles de temperatura de agua, temperatura interior y motor, y ajuste de combustible con exactitud con el tiempo y el día	*

Los especificaciones, equipamiento y características están sujetos a cambios sin previo aviso. Honda de México se reserva el derecho de hacer cambios sin previo aviso en las especificaciones técnicas y precios.  
 \*ACC compatible con dispositivos AAC. AAC compatible con dispositivos AAC.  
 \*\*Android Auto™ es una marca registrada de Google.

**Anexo G: Ensamble estructura del banco de diagnóstico**





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 04 / 01 / 2022

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>	
<b>Nombres – Apellidos:</b> STEVEN DAVID NUÑEZ SÁNCHEZ ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ LEMACHE	
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<b>Facultad:</b> MECÁNICA	
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AUTOMOTRIZ	
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	 Firmado electrónicamente por: ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA

